

CAPÍTULO 1 – ASPECTOS GENERALES

ART. 100	ÁMBITO DE APLICACIÓN, TÉRMINOS Y DEFINICIONES
ART. 101	DOCUMENTOS DE REFERENCIA Y CONSULTA
ART. 102	ASPECTOS GENERALES DE SEGURIDAD Y SALUD
ART. 103	RESPONSABILIDADES ESPECIALES DEL CONSTRUCTOR
ART. 104	SUPERVISIÓN DE LOS TRABAJOS
ART. 105	DESARROLLO DE LOS TRABAJOS
ART. 106	ASPECTOS AMBIENTALES
ART. 107	CONTROL Y ACEPTACIÓN DE LOS TRABAJOS
ART. 108	MEDIDA Y PAGO DE LA OBRA EJECUTADA

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIA

ÁMBITO DE APLICACIÓN, TÉRMINOS Y DEFINICIONES

ARTÍCULO 100 – 13

100.1 ÁMBITO DE APLICACIÓN

Las presentes Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras forman parte de los contratos celebrados por el Instituto Nacional de Vías para la construcción, rehabilitación, rectificación, mejoramiento y conservación de las carreteras y puentes a cargo de la Nación.

Las unidades de obra que no se encuentren incluidas en este documento se ejecutarán de acuerdo con lo establecido en las especificaciones particulares aplicables al Contrato, las cuales prevalecerán sobre las especificaciones generales y podrán modificarlas o complementarlas. Todos los trabajos que no estén cubiertos por especificaciones particulares, se ejecutarán conforme a las presentes especificaciones generales.

En todos los Artículos de las presentes Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras se entenderá que su contenido rige para las materias que expresan sus respectivos títulos, en tanto no se opongan a lo establecido en la ley de contratación vigente y en el pliego de condiciones que dio origen al contrato. En caso contrario, prevalecerá siempre el contenido de las disposiciones recién citadas.

Todos los temas contemplados en el Capítulo 1, Aspectos Generales, del presente documento, forman parte de todas y cada una de las especificaciones generales y particulares de construcción, salvo que el Pliego de Condiciones aplicable al Contrato manifieste expresamente lo contrario.

100.2 GRADUALIDAD EN LAS EXIGENCIAS DE CALIDAD

Las exigencias en relación con la calidad de los materiales y de las mezclas para la construcción y la rehabilitación de pavimentos que se establecen en las presentes especificaciones son, en algunos casos, proporcionales al grado de solicitud que tendrá la capa fabricada con ellos, una vez ésta forme parte de la estructura del pavimento.

En concordancia con ello, se consideran en el documento tres (3) niveles de tránsito en función del tránsito de diseño expresado en número de ejes equivalentes de 80 kN (N_{80kN}) en el carril de diseño, como se indica en la Tabla 100 - 1.

Tabla 100 - 1. Niveles de Tránsito

NIVEL DE TRÁNSITO	NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 80 kN EN EL CARRIL DE DISEÑO, N_{80kN} , MILLONES
NT1	$N_{80kN} \leq 0.5$
NT2	$0.5 < N_{80kN} \leq 5.0$
NT3	$N_{80kN} > 5.0$

100.3 SIGLAS Y ACRÓNIMOS

Las presentes especificaciones hacen referencia ocasional a instituciones o métodos de ensayo nacionales y extranjeros, que son más conocidos por su sigla o por su acrónimo. Algunos de ellos se presentan en la Tabla 100 - 2.

Tabla 100 - 2. Instituciones o métodos de ensayos de referencia

SIGLA	INSTITUCIÓN O MÉTODO DE ENSAYO
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ACI	American Concrete Institute
AFNOR	Association Française de Normalization
API	American Petroleum Institute
ASTM	ASTM International (antes American Society for Testing and Materials)
AWS	American Welding Society
BS	British Standard
BSI	British Standards Institution
CEDEX	Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (antes Centro de Estudios de Carreteras)
CEN	Comité Europeo de Normalización
FHWA	Federal Highway Administration
GSI	Geosynthetic Institute
GRI	Geosynthetic Research Institute
ICONTEC	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación
INV	Instituto Nacional de Vías de Colombia
INVÍAS	Instituto Nacional de Vías de Colombia
IRAM	Instituto Argentino de Normalización y Certificación
ISO	International Organization for Standardization
MELC	Método de Ensayo de Laboratorio Central - Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente de España
MT	Ministerio de Transporte de Colombia
EN	Una norma europea
NLT	Normas de Ensayo del Centro de Estudios de Carreteras de España
NTC	Norma Técnica Colombiana
PCA	Portland Cement Association
TRL	Transport Research Laboratory del Reino Unido
UNE	Una norma española

100.4 UNIDADES DE MEDIDA

Algunos de los símbolos para las unidades de medida utilizadas en estas Especificaciones se definen como se indica en la Tabla 100.3. Aquellos que no se encuentren incluidos, se definirán como lo establece la Norma NTC-ISO 80000-1 “Cantidades y unidades, Parte 1: Generalidades” o, en su defecto, en las especificaciones y normas a las cuales hace referencia el presente documento.

Tabla 100 - 3. Unidades de medida

SÍMBOLO	DEFINICIÓN
°C	grado Celsius
cd	candela
cm	centímetro
cm ²	centímetro cuadrado
cm ³	centímetro cúbico
cP	centipoise
cSt	centistoke
d	decímetro
g	gramo
ha	hectárea
hm	hectómetro
kg	kilogramo masa
kgf	kilogramo fuerza
km	kilómetro
kN	kilonewton
kPa	kilopascal
l	litro
lb	libra
lm	lumen
lx	lux
m	metro
mcd	milicandela
mg	miligramo
mm	milímetro
m ²	metro cuadrado
m ³	metro cúbico
MPa	megapascal
μm	micrómetro
N	Newton
P	poise

SÍMBOLO	DEFINICIÓN
Pa-s	pascal-segundo
psi	libras por pulgada cuadrada
s	segundo
St	Stoke
sSF	segundo Saybolt Furol
t	tonelada (1000 kg o 1000 kgf)
u	unidad

100.5 DEFINICIONES APLICABLES AL DOCUMENTO

Aunque los diferentes oficios y funciones que se definen a continuación y que se describen a lo largo del documento se encuentran en género masculino en aras de la brevedad, siempre se deberá interpretar que la referencia es extensiva al género femenino.

100.5.1 Constructor

Es el oferente, persona natural o jurídica, adjudicatario del contrato para ejecutar los trabajos de construcción, que ha de cumplir lo establecido en el Pliego de Condiciones y en las especificaciones generales y particulares correspondientes.

100.5.2 Contrato

Convenio escrito, suscrito por el Instituto Nacional de Vías y por el Constructor, que describe el alcance, el valor y la forma de pago de los trabajos de obra por realizar y que cubre el suministro de materiales, mano de obra, herramientas y equipos necesarios para la ejecución de cada obra en acuerdo con las especificaciones generales y las particulares y los demás documentos del proyecto según lo establezca el Pliego de Condiciones, así como la responsabilidad del Constructor sobre la estabilidad de los trabajos y todas las demás obligaciones que impone la ley a los contratos de obra pública.

100.5.3 Especificaciones Generales

Conjunto de disposiciones que especifican las exigencias sobre los materiales por utilizar, las pruebas de control de calidad en las diferentes etapas de la construcción y las modalidades para la medida y el pago de la obra ejecutada. También incluyen, a modo informativo, una descripción de los procedimientos más usuales para construir las obras, de manera que se ajusten a los requisitos especificados.

Las Especificaciones Generales constituyen el objeto del presente documento.

100.5.4 Especificaciones Particulares

Conjunto de disposiciones adicionales o complementarias a las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y que priman sobre éstas, las cuales abarcan y definen condiciones específicas de una obra particular.

100.5.5 Interventor

Es el oferente, persona natural o jurídica, adjudicatario del contrato para efectuar, en representación del Instituto Nacional de Vías, el control y la vigilancia de los trabajos realizados por el Constructor, que ha de cumplir lo establecido en los respectivos Términos de Referencia y en todas las disposiciones legales vigentes en relación con el ejercicio de su función, en especial el Manual de Interventoría, adoptado mediante la resolución 2566 de 2010, de la Dirección General del Instituto Nacional de Vías. En caso de que la citada resolución sea reemplazada por otro acto administrativo de igual o superior jerarquía, se considerará la aplicabilidad de este último.

100.5.6 Norma de ensayo

Norma que suministra métodos de ensayo, acompañados de su definición o de notas explicativas, o de ambas, ilustraciones, ejemplos, etc.

100.5.7 Obra

Trabajos y suministros especificados, diseñados, mostrados o contemplados en el Contrato para la construcción de un proyecto, incluyendo todas las variaciones, correcciones o extensiones por adición o

modificación del Contrato o por instrucciones escritas del Interventor, con la aprobación previa del Instituto Nacional de Vías.

100.5.8 Gestor Técnico

Persona natural, con matrícula profesional vigente de ingeniero civil o de ingeniero de vías y transportes en la República de Colombia, funcionario del Instituto Nacional de Vías, designado mediante acto administrativo expedido por superior competente, para actuar en el desarrollo del contrato, cumpliendo las funciones de control y vigilancia que le sean específicamente delegadas.

100.5.9 Aclaración sobre las definiciones

El Instituto Nacional de Vías no considera necesario definir en este Artículo aquellos términos técnicos cuyo significado o interpretación resulten suficientemente conocidos o claros para los ingenieros que ejercen su actividad en la ingeniería vial en la República de Colombia, ni para aquellos otros que se puedan encontrar definidos de manera explícita en el Pliego de Condiciones, en los Términos de Referencia o en los diferentes Artículos de las presentes Especificaciones. Sin embargo, si en el Pliego de Condiciones o en los Términos de Referencia se encuentra alguna definición que no concilia con las presentadas en este Artículo, se entenderá que, para efectos de la aplicación de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras, prevalecerán las definiciones indicadas en éstas.

100.6 CAMBIOS DE DENOMINACIÓN O DE RESPONSABILIDADES

Si durante el período de vigencia de las presentes Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras, el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) o cualesquiera de las demás entidades y de los organismos a los cuales se hace referencia en este documento, sufren modificación en su nombre, en su sigla o su acrónimo, o son suprimidos o reestructurados, se entenderá, para los efectos de la aplicación de todos los Artículos, que la denominación con la cual aparecen tales entidades y organismos en el presente documento, es reemplazada inmediatamente por la de aquellas que hayan asumido sus funciones, en relación directa y exclusiva con el tópico sobre el cual son citadas de manera específica.

DOCUMENTOS DE REFERENCIA Y CONSULTA

ARTÍCULO 101 – 13

101.1 NORMAS DE ENSAYO

En todo lo relacionado con ensayo de materiales o de la calidad de la unidad de obra terminada, regirán en primer lugar las normas respectivas del Instituto Nacional de Vías; para los ensayos no cubiertos por éstas, se aplicarán las normas más recientes de la AASHTO; la ASTM; las normas EN; las normas UNE; las normas NLT; las normas IRAM; las normas MELC y las normas del ICONTEC. En todo caso, en los diferentes Artículos de las presentes Especificaciones se indican taxativamente las normas de referencia aplicables a los diferentes ensayos por realizar.

101.2 DOCUMENTOS INFORMATIVOS

Los datos sobre geología y geotecnia, sondeos, apiques y trincheras (calicatas), procedencia de materiales, ensayos, condiciones locales, diagramas de movimientos de tierras, diseño geométrico, programación, condiciones climáticas e hidrológicas, análisis de precios, presupuestos, tránsito y, en general, todos los que habitualmente contienen los estudios relacionados con el proyecto objeto del Contrato, son documentos meramente informativos; en consecuencia, no suponen responsabilidad del Instituto Nacional de Vías sobre la información que suministran y, por lo tanto, deben aceptarse tan sólo como complementos de toda la información que el Constructor debe adquirir directamente y con sus propios medios para el cabal cumplimiento del Contrato.

Por tanto, el Constructor será el único responsable de los errores que se puedan derivar de su defecto o de la negligencia en la consecución de todos los datos que afecten al Contrato y que sea de su incumbencia obtener, así como al planeamiento y a la correcta ejecución de las obras contratadas.

101.3 CONTRADICCIONES, OMISIONES O ERRORES EN DOCUMENTOS

En caso de contradicciones entre los planos del proyecto y las Especificaciones Particulares de Construcción, prevalece lo prescrito en estas últimas. En todo caso, ambos documentos prevalecerán sobre las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras.

Lo mencionado en las Especificaciones Particulares y omitido en los planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviese expuesto en ambos documentos siempre que, a juicio del Interventor, quede suficientemente definida la unidad de obra correspondiente, y ésta tenga establecida una especificación particular y acordado un precio en el Contrato.

En todo caso, las contradicciones, omisiones o errores que adviertan en estos documentos el Interventor o el Constructor, deberán ser informadas por escrito al Gestor Técnico, tan pronto como sean detectadas.

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

ASPECTOS GENERALES DE SEGURIDAD Y SALUD

ARTÍCULO 102 – 13

102.1 INTRODUCCIÓN

Las responsabilidades generales del Constructor relacionadas con aspectos como seguridad integral de la obra, seguridad industrial y salud ocupacional se regirán por lo previsto en el Contrato, de acuerdo con el marco legal.

102.2 SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD OCUPACIONAL

El Constructor deberá elaborar un estudio sobre seguridad y salud y elaborar un Plan de Seguridad y Salud para aplicar durante el desarrollo del Contrato.

El Constructor tendrá la obligación de adoptar las medidas de seguridad industrial necesarias en todas sus instalaciones y en los frentes de trabajo y en las proximidades afectadas por ellos y de mantener programas permanentes que tiendan a lograr y mantener una adecuada salud física y mental de todo su personal, de acuerdo con las normas vigentes sobre el particular.

En las zonas de las obras, el Constructor deberá disponer instalaciones sanitarias adecuadas y en la cantidad apropiada, debidamente distribuidas por género, para uso por parte del personal adscrito a las obras y deberá garantizar que las condiciones de salubridad de las mismas estén de acuerdo con las exigencias de la reglamentación vigente.

El Constructor será el único responsable de los perjuicios ocasionados por la falta de medidas de seguridad y salubridad en su ambiente de trabajo.

102.3 PREVENCIÓN Y CONTROL DE INCENDIOS

El Constructor deberá atenerse a las disposiciones vigentes para la prevención y control de incendios y a las instrucciones que sobre el tema le suministre el Interventor.

En todo caso, tomará las medidas necesarias para evitar que se produzcan fuegos innecesarios y será responsable de evitar la propagación de los que se pudieran

requerir para la ejecución de las obras, así como de todos los daños y perjuicios que se pudieran producir a causa de ellos.

102.4 SANIDAD Y LIMPIEZA EN ZONAS DE CAMPAMENTOS

El Constructor deberá proporcionar y mantener todas las áreas de sus campamentos en satisfactorias condiciones sanitarias y de limpieza, cumpliendo con los requisitos y reglamentos vigentes en relación con la sanidad pública y protección del ambiente.

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

RESPONSABILIDADES ESPECIALES DEL CONSTRUCTOR

ARTÍCULO 103 – 13

103.1 CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVIDAD LEGAL

El Constructor deberá conocer todas las leyes y decretos de la República de Colombia, además de las ordenanzas, acuerdos y decretos expedidos por los órganos legislativos y ejecutivos regionales y locales que pudieren afectar de alguna manera el desarrollo del contrato y es su obligación el cumplimiento de todos ellos.

El Constructor deberá proteger y salvar al Instituto Nacional de Vías y a sus representantes de cualquier reclamo o juicio que surgiere como consecuencia de la contravención o falta de cumplimiento de dichas disposiciones por parte de su personal.

103.2 CALIDAD

El Constructor deberá incluir dentro de su organización administrativa el diseño e implantación de un sistema de gestión de la calidad. Para cumplir con este requisito, se utilizará la norma NTC-ISO 9001 vigente.

Al inicio del proyecto, el Constructor deberá presentar el plan de calidad del proyecto para estudio y aprobación por parte del Interventor.

La responsabilidad por la calidad de la obra es única y exclusivamente del Constructor y cualquier supervisión, revisión, comprobación o inspección que realicen el Instituto Nacional de Vías o sus representantes se hará para verificar su cumplimiento, y no exime al Constructor de su obligación sobre la calidad de las obras objeto del contrato.

103.3 AUTOCONTROL

El Constructor es el responsable del control de calidad del proyecto. Por lo tanto, deberá realizar y controlar todas las actividades que se requieran para ejecutar cada parte de la obra de acuerdo con las especificaciones y demás requerimientos contractuales.

Dentro de sus responsabilidades de control están:

- Realizar todas las inspecciones y los controles de materiales, equipos, procedimientos constructivos, verificaciones de calidad y mediciones que se mencionan en las especificaciones. Esto incluye la realización de todas las pruebas de diseño y control de calidad exigidas por las presentes especificaciones, en la cantidad y frecuencia señaladas, las cuales tienen carácter preceptivo; el Constructor deberá permitir el libre acceso de los funcionarios del Instituto Nacional de Vías y de la Interventoría para la supervisión de estas actividades, cuando así lo requieran.
- Documentar todos los resultados de las inspecciones, pruebas y verificaciones de control realizadas. Esta documentación deberá estar archivada siguiendo los lineamientos de control documental fijados en el plan de calidad aprobado. El Constructor deberá permitir el libre acceso de los funcionarios del Instituto Nacional de Vías y de la Interventoría a esa documentación, cuando así lo requieran.
- Implementar un sistema de detección de riesgos de incumplimiento en todos sus procesos para poder tomar acciones preventivas de manera oportuna. Para ello, el plan de calidad debe identificar no solamente los límites de aceptación y rechazo de las especificaciones, sino límites de acción con valores más estrictos que los límites de aceptación y rechazo, que generen la activación de acciones preventivas.
- Para atender estas obligaciones, y como parte del sistema de gestión de la calidad requerido según el numeral 103.2, el Constructor deberá contar con un laboratorio de campo, controlado por personal calificado e idóneo para tal labor, previamente aprobado por el Interventor, que le permita realizar todas las pruebas de diseño y control de calidad exigidas por las presentes especificaciones, las cuales tienen carácter preceptivo.

Todos los elementos del laboratorio deberán encontrarse en perfectas condiciones de funcionamiento y aquellos que lo requieran, deberán tener al día su certificado de calibración.

Así mismo, deberá contar con las comisiones de topografía necesarias para atender las necesidades de medición del proyecto, de acuerdo con los rendimientos requeridos según el programa de trabajo aprobado. Estas comisiones deben contar con personal calificado e idóneo para tal labor, previamente aprobado por el Interventor, y con equipos en perfectas condiciones de funcionamiento y certificado de calibración vigente.

Siempre que el Instituto Nacional de Vías ordene al Constructor realizar algunas pruebas que no estuvieren contempladas en las especificaciones, con el fin de verificar si algún trabajo ejecutado tiene defectos, y la prueba revelare que los tiene, el costo de ellas estará a cargo del Constructor.

103.4 PERMISOS Y LICENCIAS

El Constructor deberá obtener todos los permisos y licencias que le correspondan para la ejecución correcta y legal de las obras, y pagar todos los impuestos y derechos de los cuales no esté exonerado.

103.5 PATENTES Y REGALÍAS

El Constructor es el único responsable del uso y pago de regalías, y cualquier costo relacionado con el uso de patentes, marcas registradas y derechos reservados ya sea de equipo, dispositivos, materiales, procedimientos u otros con destino a las obras, deberá estar incluido en los precios de los ítem contractuales, ya que por estos conceptos el Instituto Nacional de Vías no le efectuará ningún abono directo.

103.6 SERVIDUMBRES

El Constructor está obligado a mantener provisionalmente durante la ejecución de la obra y a reponer a su finalización, todas aquellas servidumbres que el Instituto Nacional de Vías le entregue debidamente relacionadas, siendo de cuenta del Constructor los trabajos necesarios para el mantenimiento y la reposición de tales servidumbres.

También, deberá mantener y reponer aquellas servidumbres existentes antes de la suscripción de la orden de iniciación del contrato que se hayan omitido en la referida relación, caso en el cual tendrá derecho a que se le abonen los costos correspondientes, previo el trámite que para el efecto tenga establecido el Instituto Nacional de Vías.

Cuando se produzca algún deterioro de una instalación como consecuencia de las acciones del Constructor, éste deberá avisar de inmediato a la compañía o al individuo responsable de la instalación y deberá colaborar en la reparación del daño y en la restauración del servicio, si éste queda interrumpido. Los costos que se produzcan por esta causa deberán ser sufragados en su totalidad por el Constructor.

Para los efectos previstos en este numeral, tendrán el carácter de servidumbres los servicios de suministro y disposición de agua potable, los de alcantarillado, teléfono, gas, energía eléctrica y comunicaciones por cable.

103.7 CONTRATACIÓN DE PERSONAL

Todas las personas requeridas por el Constructor para la ejecución de los trabajos en las condiciones previstas por el contrato serán nombradas por él, quien deberá cumplir con todas las disposiciones legales sobre la contratación del personal colombiano y extranjero. Así mismo, se obliga al pago de todos los salarios, prestaciones sociales y aportes parafiscales que se establezcan en relación con los trabajadores y empleados, ya que el personal que vincula el Constructor no tiene carácter oficial y, en consecuencia, sus relaciones trabajador - empleador se rigen por lo dispuesto en el Código Sustantivo del Trabajo y demás disposiciones concordantes y complementarias. Ninguna obligación de tal naturaleza corresponde al Instituto Nacional de Vías y éste no asume responsabilidad ni solidaridad alguna.

El Constructor deberá disponer, a pie de obra, del equipo técnico necesario para la correcta interpretación de los documentos técnicos del proyecto, para la ejecución de los replanteos que le correspondan y para la ejecución de las obras de acuerdo con las Especificaciones Generales y Particulares de Construcción.

El Constructor será responsable por los fraudes o malversaciones de su personal en relación con el suministro o el empleo de los materiales requeridos para la ejecución de las obras.

El Constructor asumirá toda la responsabilidad de la ejecución de la obra ante el Instituto Nacional de Vías y, por lo tanto, en los casos en los cuales se autorice la subcontratación, el Constructor responderá ante el INVÍAS por los subcontratistas, para quienes regirán, además, todas las disposiciones del Pliego de Condiciones, de las Especificaciones y del Contrato en relación con asuntos laborales, de salud y seguridad, ambientales, de control de calidad y demás materias.

103.8 RESPONSABILIDAD POR DAÑOS Y RECLAMOS

El Constructor, en su condición de patrono único, deberá cumplir con todas las disposiciones del Código Sustantivo del Trabajo, demás leyes del país y documentos contractuales y dejar a salvo al Instituto Nacional de Vías, de cualquier juicio,

demanda o reclamo por cualquier daño o perjuicio que ocasione a cualquier persona o propiedad durante la ejecución de la obra contratada.

Los daños que se ocasionen a personas y a elementos de propiedad pública o privada por causas imputables al Constructor debido a la operación de sus equipos en las obras o en la vía pública, serán reparados por su cuenta y a costa suya y, por lo tanto, deberá liberar de responsabilidad al Instituto Nacional de Vías y a sus representantes en la obra, de cualquier reclamo, demanda o juicio de cualquier naturaleza que surgiere como resultado de daños o perjuicios que pudieren atribuirse a la construcción de las obras o estar relacionados con ellas.

103.9 USO DE EXPLOSIVOS

El Constructor deberá tener en cuenta todas las disposiciones legales vigentes para la adquisición, transporte, almacenamiento, manipulación y empleo de los explosivos e implementos relacionados. En ningún caso se permitirá el almacenamiento de explosivos a menos de 300 metros de una vía pública o de cualquier edificio o zona de campamento.

El uso de explosivos será permitido únicamente con la aprobación por escrito del Interventor. Antes de realizar cualquier voladura se deberán tomar todas las precauciones necesarias para la protección de las personas, vehículos, la banca de la vía y cualquier otra estructura adyacente al sitio de las voladuras.

En ningún caso se permitirá que los fulminantes, espoletas y detonadores de cualquier clase se almacenen, transporten o conserven en los mismos sitios que la dinamita u otros explosivos. La localización y el diseño de los polvorines, los métodos para transportar los explosivos y, en general, las precauciones que se tomen para prevenir accidentes, estarán sujetos a la aprobación del Interventor, pero esta aprobación no exime al Constructor de su responsabilidad única por tales accidentes. Cualquier daño resultante de las operaciones de voladura deberá ser reparado por el Constructor a su costa y a satisfacción del Instituto Nacional de Vías y demás autoridades competentes.

El personal que intervenga en la manipulación y empleo de explosivos deberá ser de reconocida práctica y pericia en estos menesteres, y reunirá condiciones adecuadas en relación con la responsabilidad que corresponda a estas operaciones.

El Constructor suministrará y colocará las señales necesarias para advertir al público de su trabajo con explosivos. Su ubicación, tamaño, luminosidad y estado de conservación garantizarán, en todo momento, su perfecta visibilidad.

Durante los periodos en que se usen explosivos, el Constructor deberá ubicar, en lugares apropiados, miembros de su personal que alerten a los transeúntes sobre el trabajo en ejecución y eviten que éstos ingresen a dicha zona de trabajo.

No habrá ningún pago directo por el suministro, transporte, almacenamiento, manejo, empleo y medidas de señalización y control referentes al uso de explosivos, por cuanto se considera que los gastos respectivos quedan incluidos en los precios unitarios de las unidades de obra en las cuales se van a utilizar los materiales explotados.

En todo caso, el Constructor cuidará especialmente de no poner en peligro vidas o propiedades, y será responsable de todos los daños que se deriven del empleo de los explosivos destinados a la ejecución de las obras objeto del Contrato.

103.10 COMODIDAD DEL PÚBLICO

En todo momento, el Constructor deberá realizar sus operaciones de manera de producir los menores inconvenientes y demoras al tránsito público y deberá ofrecer condiciones adecuadas y razonables de seguridad a los demás usuarios y moradores aledaños a las obras en ejecución. Para ello, deberá mantener, a su costa, un acceso adecuado a las propiedades adyacentes a la obra, así como a los caminos públicos interceptados por el proyecto y no podrá cortar el acceso a ninguna propiedad, hasta que se encuentre en servicio la instalación que lo reemplace.

Si sus operaciones representan algún peligro evidente o potencial al tránsito o al público en general, deberá suministrar, instalar y mantener todos los dispositivos de seguridad que establezca la normatividad vigente o solicite el Interventor, para prevenir daños y desgracias personales. Así mismo, si el Interventor lo requiere, deberá disponer el personal necesario para advertir de los peligros y conducir el tránsito en forma segura.

Por el suministro de todas estas medidas no habrá abono directo por parte del Instituto Nacional de Vías, por lo que su costo deberá estar incluido dentro de los diferentes precios unitarios del Contrato.

SUPERVISIÓN DE LOS TRABAJOS

ARTÍCULO 104 – 13

104.1 VIGILANCIA DE LOS TRABAJOS

La coordinación y la vigilancia de la ejecución y del cumplimiento del contrato serán ejercidas por un Interventor, quien representará al Instituto Nacional de Vías ante el Constructor. El Interventor está autorizado para impartir instrucciones al Constructor sobre asuntos de responsabilidad de éste, revisar sus archivos relacionados con la obra, los libros de contabilidad relacionados con el contrato de obra que se está ejecutando, y exigirle la información que considere necesaria y el Constructor estará obligado a suministrarla dentro de los términos del contrato, excepto lo que expresamente se estipule. Esta autorización incluye, también, a los funcionarios autorizados del Instituto Nacional de Vías.

El Interventor no tendrá autorización para exonerar al Constructor de ninguna de sus obligaciones o deberes contractuales. Tampoco podrá, sin autorización escrita previa del Instituto Nacional de Vías, ordenar trabajo alguno que derive en variaciones en el plazo o en el valor del contrato, ni efectuar ninguna modificación de la concepción del diseño de las obras principales. Todas las comunicaciones u órdenes del Interventor serán expedidas o ratificadas por escrito.

104.2 LIBRO DE OBRA

El Interventor deberá abrir un Libro de Obra, en el cual se individualizará la obra por ejecutar y se señalarán los hechos más importantes durante el transcurso de su ejecución, desde el instante de la expedición de la orden de iniciación de los trabajos hasta el recibo definitivo de los mismos.

En especial, en dicho libro se dejará constancia del cumplimiento o incumplimiento de las Especificaciones y demás obligaciones contraídas por el Constructor en acuerdo con el Contrato.

En el citado libro sólo se podrán realizar anotaciones sobre los asuntos inherentes a la ejecución de la obra.

104.3 REUNIONES DE EVALUACIÓN Y COORDINACIÓN

Al menos con la frecuencia que establece el Manual de Interventoría del Instituto Nacional de Vías, se deberán celebrar reuniones entre los ingenieros director y residente de la obra y el ingeniero residente del Interventor, con el fin de analizar los diferentes aspectos técnicos y administrativos relacionados con el proyecto. Si las circunstancias lo ameritan, deberán participar también el director de la Interventoría, los especialistas que se convoquen y el Gestor Técnico del Instituto Nacional de Vías, sin perjuicio de que asistan otros funcionarios de las diferentes áreas del Instituto Nacional de Vías. En caso de que se requiera Interventoría ambiental, ésta participará en las reuniones, a través de su director.

De cada una de estas reuniones se levantará un acta, cuyo original será mantenido en custodia por el Gestor Técnico.

104.4 ACCESO A LA ZONA DE LAS OBRAS

Los representantes y empleados autorizados del Instituto Nacional de Vías, tendrán acceso permanente al lugar de los trabajos, a las fábricas en donde estén en elaboración o vayan a fabricarse los materiales que se utilizarán en la obra, y a los laboratorios donde se realicen ensayos a las muestras tomadas y a los materiales utilizados en la construcción. Para tal fin, el Constructor deberá proporcionar los medios necesarios para facilitar la inspección de los procedimientos de elaboración de los materiales y de los productos finales que serán incorporados en la obra.

104.5 SUPERVISIÓN DE ENSAYOS Y PRUEBAS

Los representantes y empleados autorizados del Instituto Nacional de Vías podrán supervisar en cualquier momento los ensayos y pruebas que realice el Constructor en relación con la obra. Para que esta supervisión pueda ser efectiva, el Constructor deberá informar con anticipación al Interventor sobre el sitio y fecha programados para su realización.

De la misma manera, los representantes del Constructor podrán supervisar en cualquier momento los ensayos y pruebas que realice el Interventor relacionados con la obra. El Interventor mantendrá informado al Constructor sobre el sitio y fecha programados para su realización.

DESARROLLO DE LOS TRABAJOS

ARTÍCULO 105 – 13

105.1 MOVILIZACIÓN

El Constructor deberá realizar todos los arreglos necesarios con miras al oportuno y cuidadoso embarque y transporte de las plantas, maquinarias, vehículos y demás bienes muebles que constituyen su equipo de construcción, así como el traslado o contratación en el lugar del personal requerido, con el fin de asegurar el avance normal de los trabajos, de acuerdo con el programa aprobado. En la provisión de equipo deberán incluirse los elementos mínimos requeridos para el control de suelos, pavimentos, concretos y demás materiales que deban ser sometidos a inspección, según las unidades de obra incluidas en el contrato.

Así mismo deberá proveer oportunamente las edificaciones destinadas a campamentos, oficinas, laboratorios y demás espacios que sean requeridos para la correcta administración y ejecución de los trabajos contratados.

Por estas actividades el Instituto Nacional de Vías no realizará ningún abono directo, motivo por el cual los gastos que ellos ocasionen deberán ser incluidos dentro de los costos de administración que forman parte de los costos indirectos de las diferentes partidas de trabajo.

105.2 ENTREGA DEL TERRENO Y REPLANTEO DEL TRAZADO

El Instituto Nacional de Vías pondrá a disposición del Constructor el terreno requerido para el emplazamiento y la ejecución de las obras conforme a lo indicado en los documentos del Contrato. El Constructor adoptará sus propias medidas en relación con cualquier otro terreno que requiera para la ejecución del contrato y que se encuentre por fuera de los límites de la obra contratada, ya que el Instituto Nacional de Vías no asumirá ninguna responsabilidad en relación con dicho terreno.

Una vez recibido el terreno, será de responsabilidad del Constructor replantear el trazado de la obra y conservar todos sus elementos, reponiendo periódicamente aquellos que sufran deterioro y emplazando los auxiliares que sean necesarios para la correcta ubicación y ejecución de los trabajos contratados. Este replanteo deberá ser verificado por el Interventor y aprobado por éste cuando lo considere correcto.

Ningún trabajo de movimiento de tierras podrá comenzar sin que el terreno se encuentre chaflanado en conformidad con lo indicado en el proyecto.

Con el objeto de llevar un adecuado control y referencia de los trabajos, junto con el replanteo del trazado, el Constructor deberá ejecutar o reponer las estacas del proyecto (balizado) cada 20 metros, demarcando el abscisado completo cada 100 metros, así como cada vez que se encuentre un elemento singular como una obra de arte, puente, poste u otros.

El Constructor deberá instalar, además, puntos de referencia altimétricos distanciados a no más de 500 metros entre sí, ubicados fuera de la zona de los trabajos y en lugares donde no puedan sufrir ningún daño previsible durante el período de construcción. La ubicación y las cotas de estos elementos deberán ser entregadas al Interventor antes de iniciar el trabajo que las requiera.

Los trabajos referentes al replanteo, al balizado de la vía y a la localización y mantenimiento de puntos de referencia no serán objeto de abono directo por parte del Instituto Nacional de Vías, motivo por el cual deberán ser considerados dentro de los costos indirectos correspondientes a los diferentes precios unitarios del Contrato.

105.3 SEÑALIZACIÓN Y DEFENSA DE LA ZONA DE LAS OBRAS

Desde la orden de iniciación y entrega de la zona de las obras al Constructor y hasta la entrega definitiva de las obras al Instituto Nacional de Vías, y si está prevista la utilización temporal o permanente de la vía por el tránsito público, el Constructor está en la obligación de señalar y mantener el tránsito en el sector contratado, como prevención de riesgos a los usuarios y personal que trabaja en la vía en construcción, de acuerdo con las estipulaciones y especificaciones vigentes sobre la materia. Durante dicho lapso, el Constructor es el único responsable de la señalización y el mantenimiento del tránsito en el sector objeto del contrato.

La señalización deberá realizarse en estricto cumplimiento de las disposiciones vigentes sobre la materia, en particular el Manual de Señalización Vial del Ministerio de Transporte. El Constructor determinará las medidas que se deban adoptar en cada caso para señalar y defender las zonas de obra que sean afectadas por la circulación del tránsito automotor, así como para prevenir riesgos a los usuarios y al personal que trabaja en la vía en construcción.

No se podrán iniciar actividades que afecten la libre circulación por una vía, sin que se hayan colocado los elementos reglamentarios de señalización. Estos elementos

deberán ser modificados o retirados siempre que corresponda, tan pronto como se modifique o desaparezca la afectación a la libre circulación que originó su colocación.

En todos los casos en los cuales la señalización se aplique sobre instalaciones dependientes de otros organismos públicos, el Constructor estará obligado a cumplir los requisitos que aquellos establezcan sobre el particular, siendo de cargo del Constructor los gastos en que incurra dicho Organismo en ejercicio de las facultades de inspección que le correspondan.

El Constructor deberá, así mismo, señalizar adecuadamente los sitios de almacenamiento de los materiales por utilizar en los diferentes procesos constructivos y deberá tomar las medidas necesarias, a su costa, para que los materiales, instalaciones y obras que constituyan el objeto del contrato, no sufran daños o perjuicios como consecuencia de cualquier fenómeno natural previsible de acuerdo con la situación de la obra y en consonancia con las condiciones propias de los trabajos y de los materiales por utilizar.

105.4 EQUIPOS

El Constructor deberá mantener en los sitios de las obras los equipos adecuados a las características y magnitud de las obras y en la cantidad requerida, de manera que se garantice su ejecución de acuerdo con los planos, especificaciones de construcción, programas de trabajo y dentro de los plazos previstos, con los índices de calidad exigidos en la especificación respectiva.

Todos los equipos deberán ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requieren la aprobación previa del Interventor.

105.4.1 Condiciones generales de los equipos

El Constructor deberá mantener los equipos y herramientas de construcción en óptimas condiciones, con el objeto de evitar demoras o interrupciones debidas a daños en los mismos. La mala calidad de los equipos o los daños que ellos puedan sufrir, no serán causal que exima al Constructor del cumplimiento de sus obligaciones. El Instituto Nacional de Vías se reserva el derecho de exigir el reemplazo o reparación, por cuenta del Constructor, de aquellos equipos que a su juicio sean inadecuados o ineficientes o que por sus características no se ajusten a los requerimientos de seguridad o sean un obstáculo para el cumplimiento de lo estipulado en los documentos del contrato.

105.4.2 Emisiones

Las condiciones de operación de los equipos deberán ser tales, que no se presenten emisiones de sustancias nocivas que sobrepasen los límites permisibles de contaminación de los recursos naturales, de acuerdo con las disposiciones ambientales vigentes.

105.4.3 Aspectos de seguridad

Todos los equipos deberán tener los dispositivos acústicos y de señalización necesarios para prevenir accidentes de trabajo.

105.5 TRANSPORTE DE EQUIPOS Y MATERIALES

El transporte de equipos, de materiales de excavaciones, materiales pétreos y demás materiales y mezclas provenientes de la zona de los trabajos o con destino a las obras objeto del Contrato, se hará por las rutas aprobadas por el Interventor, sin interrupción del tránsito normal. Sobre el particular, el Constructor deberá tener en cuenta y cumplir todas las disposiciones sobre tránsito automotor y medio ambiente, emanadas por las autoridades competentes, en especial el Ministerio de Transporte (carga y dimensiones) y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (emisiones).

Durante el acarreo de los materiales de construcción o generados durante el proceso constructivo, éstos deberán ser protegidos con un recubrimiento debidamente asegurado a la carrocería del vehículo, de manera de impedir su caída sobre las vías por donde se transportan, así como en las zonas aledañas a las obras. Antes de abordar cualquier vía pavimentada, se deberán limpiar perfectamente las llantas de todos los vehículos empleados en el transporte de materiales.

Por ningún motivo se permitirá la circulación autopropulsada de los equipos de construcción por las vías públicas en desarrollo de actividades diferentes a la ejecución de las partidas de obra. En consecuencia, todo traslado de equipos y maquinaria, dentro o fuera de los frentes de trabajo, se deberá realizar en absoluta conformidad con las disposiciones que al respecto tenga el Ministerio de Transporte. El Constructor será el único responsable por cualquier daño y perjuicio que pueda resultar del incumplimiento de esta disposición.

105.6 TRANSPORTE Y MANEJO DE MATERIALES PELIGROSOS O RADIATIVOS

El transporte y manejo de elementos tales como combustibles, lubricantes, explosivos, asfaltos, desechos, basuras y materiales radiactivos deberán efectuarse en pleno acuerdo con la reglamentación nacional existente sobre la materia para cada uno de ellos. En todos los casos, el Constructor deberá garantizar las condiciones de seguridad necesarias y razonables para prevenir derrames, fugas y daños por lluvia o inundación, robos, incendios u otras eventualidades.

Teniendo en cuenta que algunas pruebas de laboratorio requieren el uso de solventes químicos, y en el refrentado de los cilindros de concreto se suele emplear el azufre, el Constructor deberá tomar las disposiciones para que en el área de trabajo donde se realicen tales pruebas no se haga uso indebido de esos elementos, las condiciones de ventilación sean adecuadas y el personal esté adecuadamente protegido contra la aspiración de vapores tóxicos, y contra el contacto con cualquier producto que pueda afectar la piel o los ojos.

Si en la obra se emplean densímetros o medidores nucleares para el control de la compactación o la determinación del contenido de asfalto en las mezclas, se deberán adelantar algunas medidas básicas de prevención, tales como el uso de dispositivos de registros de radiación por parte del personal y la adecuada señalización de los sitios de almacenamiento de los aparatos, con el símbolo tradicional del trébol que indica la presencia de material nuclear.

105.7 ORGANIZACIÓN DE LOS TRABAJOS

En la organización de los trabajos se deberán considerar las recomendaciones establecidas en los estudios técnicos y ambientales del proyecto. El Constructor organizará los trabajos en tal forma que los procedimientos aplicados sean compatibles con los requerimientos técnicos necesarios, las medidas de manejo ambiental establecidas en el plan de manejo ambiental del proyecto, los requerimientos establecidos en la licencia ambiental y los permisos, autorizaciones y concesiones de carácter ambiental y administrativo y demás normas nacionales y regionales aplicables al desarrollo del proyecto.

Los trabajos se deberán ejecutar de manera que no causen molestias a personas, ni daños a estructuras, servicios públicos, cultivos y otras propiedades cuya destrucción o menoscabo no estén previstos en los planos, ni sean necesarios para la construcción de las obras. Igualmente, se minimizarán, de acuerdo con las

medidas de manejo ambiental y los requerimientos establecidos por las autoridades ambientales, las afectaciones sobre recursos naturales y la calidad ambiental del área de influencia de los trabajos.

El avance físico de las obras en el tiempo deberá ajustarse al programa de trabajo aprobado, de tal manera que permita el desarrollo armónico de las etapas constructivas siguientes a la que se esté ejecutando.

Cualquier contravención a los preceptos anteriores será de responsabilidad del Constructor. Por esta causa, el Interventor podrá ordenar la modificación de procedimientos o la suspensión de los trabajos.

105.8 CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL, CIENTÍFICO, HISTÓRICO Y ARQUEOLÓGICO

Si durante las excavaciones de las obras se encuentran ruinas, fósiles, restos arqueológicos u objetos de interés histórico, científico o cultural, el Constructor deberá suspender inmediatamente todos los trabajos que puedan afectar el hallazgo, notificar al Instituto Nacional de Vías y seguir las instrucciones que éste le imparta al respecto. Así mismo, colocará un equipo permanente de vigilancia, mientras se reciben indicaciones precisas sobre su manejo, sin que haya lugar a pago separado por esta actividad.

La remoción de los hallazgos por parte del Constructor está expresamente prohibida sin el consentimiento de la autoridad local o nacional responsable, de conformidad con lo que establece la ley. En caso de que se ordene al Constructor la extracción de tales objetos, tendrá derecho a compensación económica por el gasto que le causen tales trabajos.

El Constructor deberá advertir a su personal de los derechos de la Administración local, regional o nacional sobre tales objetos, siendo responsable subsidiario de las sustracciones o desperfectos que pueda ocasionar el personal empleado en la obra.

105.9 TRABAJOS NOCTURNOS

Los trabajos se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar la ejecución de trabajos nocturnos, total y parcialmente, siempre y cuando el Constructor garantice

el suministro y operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquél. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

El Constructor deberá, además, tomar las medidas del caso para evitar cualquier tipo de accidente, tanto al personal vinculado al proyecto como a los usuarios de la vía o daños a bienes de propiedad pública o privada.

105.10 TRABAJOS NO AUTORIZADOS

Cualquier trabajo, obra o instalación auxiliar, obra definitiva o modificación de la misma, que haya sido realizado por el Constructor sin la debida autorización del Interventor, será removido, desmontado o demolido, según corresponda, si el Interventor lo exigiere, siendo de cuenta del Constructor todos los costos de remoción, desmontaje o demolición y los de retiro y disposición de desperdicios y escombros, así como los daños y perjuicios que se pudiesen derivar de la ejecución de trabajos no autorizados.

105.11 TRABAJOS DEFECTUOSOS

En los casos en los cuales las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras o las Especificaciones Particulares lo contemplen, el Interventor podrá aceptar unidades de obra que resulten admisibles aunque no cumplan estrictamente las condiciones del contrato. En tales eventos, el Constructor estará obligado a aceptar la rebaja en el precio unitario, fijada por el Instituto Nacional de Vías, aceptación que hará constar por escrito, a no ser que prefiera demoler y reconstruir las unidades defectuosas, por su cuenta y con arreglo a las disposiciones del contrato y de las especificaciones. La aceptación del precio rebajado por parte del Constructor no lo exonera, en ningún caso, de su responsabilidad absoluta sobre la estabilidad de la obra, como si ésta se hubiese aceptado a plena satisfacción y con el abono total del respectivo precio unitario.

Todo trabajo rechazado por no cumplir con las especificaciones exigidas, por defecto en los materiales, en los elementos empleados, en la mano de obra o por deficiencia en los equipos de construcción, deberá ser reconstruido o reparado por cuenta del Constructor y dentro del plazo que determine el Interventor mediante comunicación

escrita. Además, el Constructor queda obligado a retirar del sitio respectivo los materiales o elementos defectuosos, a su costa, cuando así lo exija el Interventor.

105.12 CONSTRUCCIÓN DE DESVÍOS

105.12.1 Desvíos para el transporte de los materiales del proyecto

En aquellos casos en que, a juicio del Interventor, el transporte de materiales pueda perjudicar la obra en ejecución, el Constructor deberá construir los desvíos necesarios. La construcción de estos desvíos no tendrá pago por separado y su costo debe estar incluido como parte del suministro de materiales en los precios unitarios de los ítems correspondientes.

105.12.2 Desvíos para la circulación del tránsito público

Si por necesidades surgidas durante el desarrollo de las obras se hace indispensable, para la circulación del tránsito público, la construcción de desvíos provisionales o de accesos a tramos parcial o totalmente pavimentados, su construcción será objeto de reconocimiento pecuniario a los precios unitarios previstos en el contrato o a los no previstos que se pacten con el Instituto Nacional de Vías.

105.13 MATERIALES

105.13.1 Aspectos generales

Todos los materiales necesarios para la ejecución de las obras serán suministrados por el Constructor; por lo tanto, será de su responsabilidad la selección de las fuentes por utilizar, teniendo en cuenta que los materiales y las mezclas elaboradas con ellos deberán cumplir con todos los requisitos de calidad exigidos en las presentes Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y en las especificaciones particulares, así como con las recomendaciones y requerimientos establecidos en los estudios técnicos y ambientales del proyecto, en la licencia ambiental del mismo y en los permisos otorgados por las autoridades ambientales competentes.

El Constructor deberá conseguir oportunamente todos los materiales y suministros que se requieran para la construcción de las obras y mantener permanentemente una cantidad suficiente de ellos para no retrasar el progreso de los trabajos. En todos los casos, el Constructor estará obligado a notificar al Interventor, con suficiente antelación, la procedencia de los materiales que se propone utilizar, con el fin de que éste pueda realizar todos los ensayos que considere necesarios para acreditar su idoneidad.

La aceptación de las procedencias propuestas será requisito indispensable para la explotación y acopio de materiales, sin perjuicio de la ulterior comprobación de la permanencia de dicha idoneidad.

Todos los materiales estarán sujetos a inspección, muestreo, pruebas, repetición de pruebas y rechazo, en cualquier momento antes de la aceptación de los trabajos. Siempre que se produzcan rechazos, los materiales deberán ser retirados de la obra por el Constructor, a su costa y reemplazados por otros de calidad satisfactoria.

Los materiales suministrados y demás elementos que el Constructor emplee en la ejecución de las obras deberán ser de primera calidad y adecuados al objeto al cual se destinan. Los materiales y elementos que el Constructor emplee en la ejecución de las obras sin la aprobación del Interventor podrán ser rechazados por éste cuando no los encuentre adecuados. La aprobación del Interventor a los materiales, no exonera al Constructor de la plena y total responsabilidad por la calidad de la obra ejecutada.

Los productos industriales de empleo en las obras se definirán por sus calidades y características, sin poder hacer referencia a marcas, modelos o denominaciones específicas. Si en algún documento contractual aparece alguna marca de un producto industrial para designarlo, se entenderá que tal mención se constriñe a las calidades y características del producto, pudiendo emplearse productos de otras marcas que tengan las mismas o mejores propiedades, sin que ello genere reajustes en los precios unitarios.

Los materiales que posean sello de calidad oficialmente reconocido en el territorio colombiano deberán venir acompañados de un certificado de garantía del producto sobre las características especificadas.

Todos los valores índices de calidad exigidos en estas especificaciones a materiales, mezclas y productos terminados, corresponden a verificaciones por efectuar en el instante en el cual se establece taxativamente o se da a entender en el Artículo respectivo. En consecuencia, ellos no constituyen puntos de comparación de los resultados de ensayos realizados durante el período posterior de garantía de estabilidad de las obras.

Los materiales generados en el proceso constructivo, especialmente de desmonte, descapote o excavaciones, que no se utilicen en la obra, se dispondrán adecuadamente en sitios acondicionados para tal fin. El material de cobertura vegetal que se destine para uso posterior en actividades de revegetalización de taludes u otros fines, se almacenará adecuadamente, de manera temporal, en sitios adecuados para este propósito, hasta su utilización, cuidando de no mezclarlo con otros materiales considerados como desperdicios.

El Instituto Nacional de Vías no aceptará ningún reclamo de costos o plazos por parte del Constructor, por falta o escasez de materiales o elementos de construcción.

105.13.2 Fuentes de materiales

El Constructor será el responsable de la calidad de los materiales empleados en la ejecución de las obras del proyecto. Esta responsabilidad comprende, entre otros, los siguientes aspectos:

- Selección de las fuentes de materiales.
- Equipos y procedimientos de explotación, producción y transporte de agregados.
- Implementación de un sistema de control de calidad.
- Ejecución de los estudios y ensayos de control de calidad.
- Cumplimiento de todas las normas y requisitos generales y particulares asociados a este tipo de actividades.

105.13.2.1 Selección de fuentes de materiales

Será responsabilidad del Constructor la selección de las fuentes por utilizar, teniendo en cuenta que los materiales deberán cumplir con todos los requisitos de calidad exigidos en las presentes Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y en las especificaciones particulares, así como con los requerimientos y recomendaciones establecidas en los documentos del proyecto, en la licencia ambiental del mismo y en los permisos otorgados por las autoridades ambientales competentes.

La información sobre fuentes de materiales que figure en los estudios realizados por firmas consultoras, o directamente por el Instituto Nacional de Vías tendrá el carácter de informativa únicamente.

105.13.2.2 Calidad de los agregados

Los agregados pétreos deberán ser duros y durables; deberán estar libres de sustancias deletéreas o perjudiciales; deberá ser compatibles con el ligante cuando se incorporan en mezclas o están en contacto con materiales que lo usen; y deberán cumplir con los requisitos de granulometría y forma que se especifican para cada uso.

Además, los agregados pétreos no serán susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración físico- química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que presumiblemente se puedan dar en la zona de empleo. Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras o a otras capas del pavimento, o contaminar corrientes de agua.

105.13.2.2.1 Propiedades de los agregados

Las propiedades de los agregados se clasifican en dos grandes categorías que, a su vez, definen requisitos diferentes para la evaluación de su cumplimiento, como se indica en la Tabla 105 – 1.

Tabla 105 - 1. Categorías de propiedades de agregados

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN GENERAL	VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO
Propiedades de origen. (O): Nomenclatura en tablas de requisitos	Dependen del tipo de roca y no del proceso de fabricación; entre las principales propiedades de origen se encuentran: <ul style="list-style-type: none"> - Composición mineralógica - Dureza - Durabilidad - Adherencia - Reactividad - Contenidos de sales 	Individual En el caso de mezclas de materiales de diferentes fuentes o vetas de una misma fuente, los requisitos deberán ser cumplidos por cada uno de los componentes de la mezcla.
Propiedades de fabricación. (F): Nomenclatura en tablas de requisitos	Dependen principalmente del proceso de fabricación; entre las principales propiedades de fabricación se encuentran: <ul style="list-style-type: none"> - Limpieza - Granulometría - Grado de trituración - Forma 	Mezcla En el caso de mezclas de materiales de diferentes fuentes o vetas de una misma fuente, los requisitos deberán ser cumplidos por la mezcla final.

105.13.2.2.2 Control de calidad de los agregados

Será responsabilidad del Constructor la ejecución de todos los estudios y ensayos que se requieran para garantizar la calidad de los materiales. Como mínimo, el Constructor deberá ejecutar todos los estudios y ensayos de control de calidad exigidos en las presentes Especificaciones Generales de Construcción y/o en las especificaciones particulares, tanto para la aprobación inicial de fuentes y agregados como para la verificación periódica de los mismos, con la frecuencia mínima establecida.

105.13.2.2.3 Aprobación de las fuentes de materiales

Las fuentes de materiales, así como los procedimientos y los equipos utilizados para la explotación de aquéllas y para la elaboración de los agregados requeridos, deberán tener aprobación

previa del Interventor, la cual no implica necesariamente la aceptación posterior de los agregados que el Constructor suministre o elabore de tales fuentes, ni lo exime de la responsabilidad de cumplir con todos los requisitos de cada especificación.

El Constructor deberá acompañar la solicitud de aprobación de las fuentes de materiales con un informe que demuestre que los materiales cumplen con los requisitos de calidad exigidos según su uso; el informe deberá tener el concepto del ingeniero de materiales del proyecto, los resultados completos de los ensayos de laboratorio y la lista de verificación de cumplimiento.

El Constructor estará obligado a notificar al Interventor, con suficiente antelación, la procedencia de los materiales que se propone utilizar, con el fin de que éste pueda realizar todos los ensayos de verificación que considere necesarios.

La aceptación de las procedencias propuestas será requisito indispensable para la explotación y el acopio de materiales, sin perjuicio de la ulterior comprobación de la permanencia de dicha idoneidad.

105.13.3 Explotación y procesamiento de materiales

105.13.3.1 Aspectos generales

Los procedimientos y equipos de explotación, clasificación, trituración, lavado y el sistema de almacenamiento de los agregados pétreos, deberán garantizar el suministro de un producto de características uniformes; el Constructor deberá verificar permanente el cumplimiento de este requisito y deberá, de manera oportuna, hacer las correcciones en caso de incumplimiento. Así mismo, deberá permitir en todo momento la verificación por parte del Interventor, quien podrá exigir los cambios que considere necesarios para la

buena ejecución de los trabajos contratados, cuando se detecte algún incumplimiento al requisito antes mencionado.

Todos los trabajos de clasificación de agregados, separación de partículas de tamaño mayor que el máximo especificado y en especial la eventual mezcla de dos o más agregados para obtener una determinada gradación, se deberán efectuar en el sitio de explotación o elaboración y bajo ninguna circunstancia se permitirá ejecutarlos en la vía.

Siempre que las condiciones lo permitan, los suelos orgánicos existentes en la capa superior de las canteras deberán ser conservados para la posterior recuperación de las excavaciones y de la vegetación nativa. Al abandonar las canteras temporales, el Constructor deberá remodelar el terreno, con el fin de recuperar las características hidrológicas superficiales de ellas.

Los vehículos para transporte de agregados y mezclas deberán contar con dispositivos para depositar los materiales de tal modo que no se produzca segregación, ni se cause daño o contaminación en la superficie existente. Cualquier contaminación que se presentare, deberá ser subsanada por el Constructor, a su costa, antes de proseguir el trabajo.

No habrá pago por separado para los transportes de materiales pétreos; por lo tanto, los precios unitarios de afirmados, sub-base granular, base granular, revestimientos bituminosos y concretos de cemento hidráulico, deberán cubrir, entre otros, los costos de adquisición, trituración, lavado, clasificación, transportes, cargue y descargue de los materiales pétreos. Tampoco habrá pago por separado por el transporte de los suelos y agregados destinados a la construcción de subbases y bases estabilizadas.

105.13.3.2 Equipo para la elaboración de los agregados triturados

La planta de trituración estará provista de una trituradora primaria, una secundaria y una terciaria siempre que ésta última se requiera; deberá incluir también una clasificadora y, de ser necesario, un equipo de lavado. Además, deberá estar provista de los filtros necesarios para prevenir la

contaminación ambiental, de acuerdo con la reglamentación vigente.

105.13.4 Acopio de los agregados

Los agregados se deberán acopiar en cobertizos o cubriéndolos con plásticos, de manera que no sufran daños o transformaciones perjudiciales. Cada agregado diferente se deberá acopiar por separado, para evitar cambios en su granulometría original. Los últimos quince centímetros (15 cm) de cada acopio que se encuentren en contacto con la superficie natural del terreno no deberán ser utilizados, a menos que se hayan colocado sobre ésta lonas que prevengan la contaminación del material de acopio o que la superficie tenga pavimento asfáltico o rígido.

105.14 FASE DE EXPERIMENTACIÓN

Algunos de los Artículos de las presentes Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras exigen que antes de iniciar los respectivos trabajos a escala industrial, el Constructor emprenda una fase de experimentación, cuya finalidad es verificar el estado de los equipos y determinar, en secciones de ensayo de ancho y longitud definidos en acuerdo con el Interventor, el método definitivo de preparación, transporte, colocación, y compactación, de manera que se cumplan los requisitos indicados en el respectivo Artículo.

En tales casos, el Interventor tomará muestras del producto, para determinar su conformidad con las condiciones especificadas que correspondan en cuanto a granulometría, dosificación, densidad y demás requisitos.

En caso de que el trabajo elaborado no se ajuste a dichas condiciones, el Constructor deberá efectuar inmediatamente todas las correcciones requeridas en los equipos y sistemas de trabajo o fórmulas de trabajo, repitiendo las secciones de ensayo una vez efectuadas dichas correcciones.

El Interventor determinará si los tramos de prueba resultan aceptables como parte integrante de la obra en construcción. En caso de que no lo sean, deberán ser demolidos por el Constructor, a su costa.

105.15 DISPOSICIÓN DE DESECHOS Y SOBRANTES

El Constructor deberá disponer, mediante procedimientos adecuados para el Interventor y de acuerdo con la normatividad ambiental vigente, todos los desechos,

escombros, sobrantes y demás residuos provenientes de los trabajos necesarios para la ejecución de las obras, en los sitios indicados en los documentos del proyecto o autorizados por el Instituto Nacional de Vías. La disposición incluye la colocación, conformación y compactación de los materiales de acuerdo con los procedimientos y secciones descritos en los documentos del proyecto.

105.16 CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS

El Constructor está obligado a conservar, hasta el recibo definitivo, todas las obras objeto del contrato, incluyendo las correspondientes a las modificaciones del proyecto autorizadas. Estos trabajos no serán susceptibles de abono por parte del Instituto Nacional de Vías, salvo que expresamente y para determinados trabajos se prescriba lo contrario en los documentos contractuales, o que se presenten casos de fuerza mayor legalmente establecidos.

En el caso de los desvíos a los cuales hace referencia el numeral 105.12.2 “Desvíos para la circulación del tránsito público” del presente Artículo, se entenderá que dentro de los precios de construcción se encuentran incluidos los correspondientes a su conservación.

Los trabajos de conservación no podrán obstaculizar el uso público o servicio de la obra y, en caso de que la afectación sea inevitable, ella deberá ser previamente autorizada por el Interventor debiendo disponerse, además, la señalización adecuada y oportuna.

105.17 LIMPIEZA FINAL DEL SITIO DE LOS TRABAJOS

A la terminación de cada obra, el Constructor deberá retirar del sitio de los trabajos todo el equipo de construcción, los materiales sobrantes, escombros y obras temporales de toda clase, dejando la totalidad de la obra y el sitio de los trabajos en un estado de limpieza satisfactorio para el Interventor. Las áreas pavimentadas deberán quedar completamente libres de cualquier material extraño, suciedad y polvo.

Así mismo, el Constructor deberá retirar toda la señalización provisional y cancelar los desvíos de tránsito que haya implementado para el desarrollo de la obra, de manera que no se advierta la existencia previa de éstos.

Si se requiere borrar demarcaciones efectuadas sobre la superficie de pavimentos para la regulación del tránsito durante el período de las obras, se emplearán métodos que no afecten adversamente ni el ambiente ni la integridad de los pavimentos.

No habrá pago separado por concepto de las actividades descritas en este numeral.

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIA

ASPECTOS AMBIENTALES

ARTÍCULO 106 – 13

106.1 GENERALIDADES

El Constructor se obliga a ejecutar las obras objeto del Contrato de acuerdo con las disposiciones legales vigentes sobre el ambiente, en particular el Decreto 2820 de 2010 o el que haga posteriormente sus veces; las guías ambientales; las normas especiales para el trámite y obtención de las autorizaciones y permisos específicos otorgados por autoridad competente para el uso y aprovechamiento de los recursos naturales y, especialmente, los requerimientos de la licencia ambiental del proyecto, con su respectivo plan de manejo.

Los permisos, autorizaciones y concesiones de carácter ambiental, en proyectos que no requieran de licencia ambiental, serán obtenidos por el Constructor, quien será responsable de su manejo y utilización, así como de los costos que demande su obtención.

En los proyectos que requieran licencia ambiental, el estudio de impacto ambiental llevará implícitos los permisos, autorizaciones y concesiones de carácter ambiental, cuya obtención corresponderá al Instituto Nacional de Vías, acción que no exime al Constructor de su utilización y aprovechamiento.

El Constructor deberá realizar los estudios de impacto ambiental ó planes de manejo ambiental exigidos por la autoridad ambiental competente a los cuales se encuentre obligado.

Asimismo, deberá tener en cuenta los resultados arrojados por los Estudios Ambientales realizados dentro de los diseños de la obra, con el fin de evaluar alternativas de diseño que generen el menor impacto ambiental posible.

Todos los gastos que ocasionaren la adopción y adaptación de medidas y trabajos necesarios para el cumplimiento de lo establecido en este Artículo y de las regulaciones sobre el ambiente se considerarán incluidos en los diferentes precios del contrato y, por lo tanto, no serán objeto de abono directo.

106.2 CONCIENTIZACIÓN AMBIENTAL

El Constructor estará obligado a desarrollar un conjunto de actividades destinadas a fortalecer el conocimiento y el respeto por el patrimonio ambiental. Dichas

actividades deberán estar dirigidas tanto hacia la población beneficiaria de las obras y demás actores sociales localizados en su zona de influencia, como hacia su personal profesional, técnico y obrero que estará en contacto permanente con la obra y el ambiente.

El contenido de dichas actividades, su cronograma y la metodología de ejecución deberán ser puestos a consideración del Interventor y requerirán de la aprobación de éste para su desarrollo.

106.3 PROTECCIÓN DE LA FLORA Y DE LA FAUNA

Siempre que los trabajos se realicen en zonas donde exista el peligro potencial de incendio de la vegetación circundante, en especial en las temporadas denominadas de verano, el Constructor deberá tener un especial cuidado y vigilancia, evitando la realización de fogatas o cualquier otro evento que pueda originar un incendio.

Así mismo, si durante la construcción se descubrieran áreas o ecosistemas biológicos muy sensibles que puedan ser afectados adversamente o destruidos por las actividades de la obra, los trabajos deberán suspenderse temporalmente y de inmediato, dando cuenta del hecho al Interventor.

El Constructor deberá adoptar todas las medidas necesarias para evitar que su personal realice actividades que afecten innecesariamente la vegetación nativa o efectúe labores de caza o pesca que se encuentren vedadas.

En aquellos entornos en los cuales se detecte una asociación de alto valor ecológico entre la vegetación y la fauna, se deberán reprogramar, en conjunto con el Interventor, los trabajos de desmonte y limpieza hacia épocas que no afecten el ciclo reproductivo o se analizará la posibilidad de reducir la extensión de las obras, con el fin de minimizar el impacto sobre ambos elementos.

106.4 USO DE LOS CURSOS DE AGUA

El agua requerida para las diversas faenas de construcción, que no sea obtenida de los sistemas de acueducto, deberá ser autorizada por el Interventor, quien verificará que su beneficio se realice en cumplimiento de la reglamentación ambiental vigente sobre la materia.

El Constructor será el único responsable por el uso indebido de los cursos de agua para el desarrollo de la obra.

106.5 RECUPERACIÓN DE LA VEGETACIÓN

Siempre que se produzca un daño no contemplado en las obras contratadas y aprobadas, que afecte la cubierta vegetal en zonas de préstamo, sitios de disposición de sobrantes o campamentos, será de completa cuenta y riesgo del Constructor la recuperación de la cubierta vegetal, creando las condiciones óptimas que posibiliten a corto plazo la implantación de especies herbáceas y a largo plazo la colonización de la vegetación nativa, actividades que adelantará atendiendo a cabalidad las instrucciones de la autoridad ambiental competente.

Cuando el proyecto lo contemple, la vegetación que se utilice para el recubrimiento de taludes deberá ser de rápido crecimiento y regeneración, para minimizar los efectos de procesos de erosión incipientes.

Si el proyecto contempla la plantación de especies arbóreas, aquellas que puedan alcanzar gran tamaño y/o extensión radicular, serán plantadas a distancias tales que su eventual caída no represente peligro para el tránsito y que su avidez por el agua subsuperficial no produzca daños en el pavimento.

106.6 DRENAJE

Durante las diversas etapas de su ejecución, el Constructor deberá mantener las obras de drenaje en perfectas condiciones en todo momento. Las cunetas, bajantes y demás dispositivos de desagüe se deberán mantener de manera que no produzcan erosiones en los taludes adyacentes.

Los dispositivos de drenaje superficial y la pendiente transversal de la calzada deberán ser mantenidos correctamente durante la ejecución de los trabajos, con el fin de prevenir erosiones y arrastres innecesarios de partículas sólidas.

106.7 CONSTRUCCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE CAMPAMENTOS, BODEGAS Y TALLERES

El diseño y la ubicación de los campamentos y sus instalaciones deberán impedir la contaminación de aguas superficiales y posibles fuentes subterráneas de agua

potable y requieren para su funcionamiento con destino a la obra, el visto bueno del Interventor.

Por ningún motivo se permitirá que su instalación se realice en sitios ecológicamente sensibles, zonas con especies bióticas protegidas o en peligro de extinción y lugares con nivel freático cercano a la superficie (profundidad menor de 3 m).

Las edificaciones deberán contar, como mínimo, con instalaciones de agua potable, servicios sanitarios y energía eléctrica. Así mismo, el área de talleres y depósitos deberá disponer de sistemas de recolección de desechos sólidos y de dispositivos de drenaje apropiados para conducir las aguas lluvias y evitar contaminaciones al suelo y a cursos naturales de agua.

106.8 PATIO DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO

El patio de mantenimiento de los equipos y maquinaria necesarios para la ejecución de las labores del Constructor deberá disponer de sistemas apropiados de manejo y disposición de grasas y aceites, con el fin de que todos los derrames y escurrimientos que ocurran en dichas áreas no contaminen los cuerpos receptores. Todos los residuos de aceites y lubricantes deberán retenerse en recipientes herméticos y disponerse en sitios adecuados de almacenamiento, con miras a su posterior desalojo y eliminación.

El abastecimiento de combustible, el mantenimiento del equipo y el lavado de los vehículos se deberán realizar de manera que se eviten derrames de hidrocarburos u otras sustancias contaminantes al suelo o a corrientes de agua.

106.9 EXPLOTACIÓN Y PROCESAMIENTO DE SUELOS Y AGREGADOS

Todas las labores de explotación y procesamiento de suelos y agregados se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales. Algunos de los cuidados relevantes en relación con la protección ambiental se describen a continuación, sin perjuicio de los que exijan los documentos de cada proyecto en particular o la legislación ambiental vigente:

- El Interventor sólo aceptará el uso de las fuentes de materiales, después de que el Constructor presente la correspondiente licencia ambiental de explotación.

- La explotación de las fuentes deberá ser cuidadosamente planeada, de manera de minimizar los daños inevitables y posibilitar la recuperación ambiental una vez culminada la explotación.
- Siempre que las condiciones lo permitan, los suelos orgánicos existentes en la capa superior de las canteras deberán ser conservados para la posterior recuperación de las excavaciones y de la vegetación nativa. Al abandonar las canteras temporales, el Constructor deberá remodelar el terreno, con el fin de recuperar las características hidrológicas superficiales de ellas.
- Se deberán construir las piscinas de sedimentación que fuesen necesarias, con el fin de retener las partículas finas sobrantes, evitando su transporte hacia cursos o láminas de agua.
- Si la fuente es una cantera, no se permitirá el desmonte mediante quema y todo material de descapote deberá ser cuidadosamente conservado para colocarlo de nuevo sobre el área explotada, reintegrándola al paisaje.
- Si los agregados son suministrados por terceros, el Constructor deberá entregar al Interventor la documentación que certifique la legalidad de la explotación y el cumplimiento de las disposiciones ambientales vigentes.

106.10 INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE PLANTAS DE TRITURACIÓN Y DE ELABORACIÓN DE CONCRETOS

La ubicación de las plantas de trituración y de elaboración de mezclas de concreto deberá responder a criterios ambientales idóneos, escogiéndose de preferencia lugares planos, desprovistos de cubierta vegetal y alejados de áreas pobladas.

La instalación deberá poseer piscinas de decantación para los residuos de lavado de los camiones de transporte del concreto y los sistemas de abatimiento de gases y polvo por medio de agua, con el fin de prevenir la contaminación de cursos de agua superficial o subterránea.

Por ningún motivo se permitirá que las plantas se instalen en sitios ecológicamente sensibles, en áreas de preservación ambiental, en zonas con especies bióticas protegidas o en peligro de extinción y lugares con nivel freático cercano a la superficie (profundidad menor que 3 m).

Durante el período de ejecución de la obra, el Constructor deberá reducir a un mínimo la contaminación por ruido, residuos, gases, humo y partículas en

suspensión y sedimentables, generados por las plantas de producción. Para tal efecto, se deberán cumplir los umbrales establecidos en la normatividad vigente sobre el asunto.

El horario de trabajo, en especial durante la noche, deberá ser limitado, para no alterar la tranquilidad de la zona; las áreas ocupadas por las plantas deberán estar implementadas con una adecuada señalización de ordenamiento operacional y tránsito vehicular y disponer de señales advirtiendo la prohibición de verter desperdicios de las plantas de producción de materiales en los cauces de agua.

106.11 INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE PLANTAS DE ELABORACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

Las plantas de elaboración de mezclas asfálticas deberán ser ubicadas de acuerdo con los mismos criterios citados para las plantas de trituración y concretos. Siempre que ello resulte posible, se tratará de que la planta asfáltica se instale en el mismo sitio de la planta de trituración.

Alrededor de las áreas de almacenamiento de combustibles y de asfalto se deberán construir diques de contención apropiados, con el fin de controlar los derrames y evitar cualquier tipo de contaminación.

Durante la operación de las plantas de asfalto, el Constructor prestará especial atención al mantenimiento de los equipos de control de los gases del secador y vigilará el sistema de combustión.

Si la planta dispone de colectores de polvo húmedos, el Constructor deberá construir piscinas de sedimentación a las cuales se conduzcan los residuos líquidos con sedimentos provenientes de los finos que salen de las chimeneas de la planta. La piscina deberá tener incorporada una trampa de retención de aceites e hidrocarburos, para que el complejo de control sea efectivo.

El horario de trabajo, en especial durante la noche, deberá ser limitado, para no alterar la tranquilidad de la zona; las áreas ocupadas por las plantas deberán estar implementadas con una adecuada señalización de ordenamiento operacional y tránsito vehicular y disponer de señales advirtiendo la prohibición de verter desperdicios de las plantas de producción de materiales en los cauces de agua.

106.12 CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

El equipo y los procedimientos constructivos empleados por el Constructor deberán minimizar la emisión de contaminantes hacia la atmósfera, siendo de su entera responsabilidad la implementación de sistemas para el control de la calidad de las emisiones, olores, humos, polvo y uso de productos químicos tóxicos o volátiles.

La concentración del polvo ocasionado por la ejecución de las obras o por el tránsito público que circule por ellas o por los desvíos dispuestos por el Constructor, deberá ser mantenida dentro de los límites admitidos por la normativa vigente.

106.13 CONTROL DEL RUIDO Y DE LAS VIBRACIONES

La contaminación por ruidos y vibraciones ocasionados por la ejecución de las obras, se mantendrá dentro de límites de frecuencia e intensidad tales, que ellos no resulten nocivos para la fauna, las personas ajenas a la obra ni para las adscritas a la misma, según sea el tiempo de permanencia continua bajo el efecto del ruido o la eficacia de la protección auricular adoptada.

En cualquier caso, la intensidad de los ruidos ocasionados por la ejecución de las obras, deberá ser mantenida dentro de los límites admitidos por la normativa vigente.

Cualquier equipo que genere un nivel de ruido excesivo deberá ser inmovilizado y sometido a reparación, de manera que su operación se realice dentro de los límites admisibles.

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIA

CONTROL Y ACEPTACIÓN DE LOS TRABAJOS

ARTÍCULO 107 – 13

107.1 CONTROL

La inspección de la calidad de los materiales, de la ejecución de las unidades de obra y de las obras terminadas corresponde al Interventor, quien supervisará y verificará que el Constructor ejecute todos los controles descritos en el numeral 103.3 del Artículo 103 de las presentes especificaciones, y ejecutará las mediciones que le exijan los documentos contractuales a la Interventoría y las adicionales que estime convenientes, sin perjuicio del avance de los trabajos. El Constructor deberá tomar todas las disposiciones necesarias para facilitar el control por parte del Interventor.

Si alguna característica de los materiales y trabajos objeto del control no está de acuerdo con lo especificado o si, a juicio del Interventor puede poner en peligro seres vivos o propiedades, éste ordenará la modificación de las operaciones correspondientes o su interrupción, hasta que el Constructor adopte las medidas correctivas necesarias.

107.2 ACEPTACIÓN DE LOS TRABAJOS

107.2.1 Solicitud de aprobación por parte del Constructor

El Constructor deberá solicitar por escrito al Interventor la aprobación de cada parte de la obra.

El Constructor deberá acompañar la solicitud de aprobación con un informe que demuestre que esa parte de la obra cumple con todos los controles y los requisitos de calidad exigidos en las especificaciones; el informe deberá tener el concepto del ingeniero de calidad del proyecto, con la lista de verificación de cumplimiento de todos los requisitos; deberá estar acompañado de los resultados completos de inspecciones, mediciones y ensayos de laboratorio que alimentan la lista de inspección.

107.2.2 Aprobación por parte del Interventor

Los documentos del contrato deberán fijar el alcance de las labores de control, inspección, medición y ensayo a cargo del Interventor, para efectos de aceptación de la obra ejecutada y la autorización de su pago.

Este alcance puede estar dentro de los siguientes lineamientos:

– **Opción 1:** Ejecución completa a cargo del Interventor.

Le corresponde al Interventor la realización de todos los ensayos y mediciones con base en los cuales se aprueban (o rechazan) los materiales, mezclas y obra ejecutada.

En este caso, queda a criterio del Interventor decidir si los ensayos realizados por el Constructor serán tenidos en cuenta para efectos de aceptación o rechazo.

Si decide usarlos como complemento a los realizados por el propio Interventor, deberá dejarlo consignado por escrito, incluyendo como soporte la comparación estadística de las dos series de datos (norma INV E-822) que demuestre que son consistentes; es decir, que representan a una misma población (el mismo material).

– **Opción 2:** Ejecución parcial a cargo del Interventor.

Le corresponde al Interventor la realización de algunos ensayos y mediciones de verificación para la aprobación (o rechazo) de los materiales, mezclas y obra ejecutada. En este caso, también le corresponde al Interventor vigilar permanentemente la correcta ejecución de los ensayos realizados por el Constructor.

Los ensayos realizados por el Constructor serán tenidos en cuenta para efectos de aceptación o rechazo, siempre y cuando la comparación estadística de sus resultados con los efectuados por el Interventor (norma INV E-822) demuestre que son consistentes; es decir, que representan a una misma población (el mismo material).

– **Opción 3:** El Interventor no realiza ensayos de verificación.

Le corresponde al Interventor vigilar permanentemente la correcta ejecución de los ensayos realizados por el Constructor.

El Interventor tomará como referencia los resultados de los ensayos realizados por el Constructor para el recibo provisional de las diferentes obras. Sin embargo, realizará directamente u ordenará ejecutar en un laboratorio reconocido todas las pruebas adicionales de verificación que considere necesarias para autorizar el recibo

definitivo de los diferentes volúmenes de obra ejecutada y avalará con su firma los resultados de todos los ensayos que le sirvan de soporte para dicha aceptación.

Si los documentos del contrato no dicen otra cosa, se entenderá que aplica la opción 1.

107.3 HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS DE ANÁLISIS DE RESULTADOS PARA LA ACEPTACIÓN DE LOS TRABAJOS

En este numeral se presentan algunas herramientas estadísticas que se usan como parte de los criterios de aceptación y rechazo en varios de los Artículos de las presentes Especificaciones Generales.

107.3.1 Valores promedio de un conjunto de datos

En varios de los Artículos de estas especificaciones se establecen criterios de aceptación con base en valores promedio de mediciones efectuadas a una muestra de un lote.

El valor promedio, o valor medio de la muestra (V_m) es un estimativo del valor promedio del lote (V_l) con un grado de confiabilidad del 50%; para un mayor grado de confiabilidad, el valor promedio del lote estará dentro de los límites de un intervalo de confianza que se calcula para una probabilidad dada (p , en %) a partir del valor promedio de la muestra (V_m) o de la desviación estándar de la muestra (s).

107.3.1.1 Promedio o valor medio de la muestra

El promedio, o valor medio de la muestra (V_m), se determina mediante la expresión:

$$V_m = \frac{\sum V_i}{n} \quad [107.1]$$

Siendo: V_m : Valor promedio de la muestra;

V_i : Resultado individual;

n : Número de resultados (tamaño de la muestra).

107.3.1.2 Desviación estándar de la muestra

La desviación estándar de la muestra (s) se determina mediante la expresión:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (V_i - V_m)^2}{n - 1}} \quad [107.2]$$

Siendo: V_m : Valor promedio de la muestra;
 V_i : Resultado individual;
 n : Número de resultados (tamaño de la muestra).

107.3.1.3 Promedio estimado del lote con un grado de confiabilidad dado

El intervalo de confianza en el que, con una probabilidad dada (p, en %), se encuentra el valor promedio del parámetro evaluado en el lote, tiene los siguientes límites:

– Límite inferior, $V_l(p)$:

$$V_l(p) = V_m - k(p) \times s \quad [107.3]$$

– Límite superior, $V_{l,sup}(p)$:

$$V_{l,sup}(p) = V_m + k(p) \times s \quad [107.4]$$

Siendo: $V_l(p)$: Límite inferior del intervalo de confianza para una probabilidad dada (p, en %);

$V_{l,sup}(p)$: Límite superior del intervalo de confianza para una probabilidad dada (p, en %);

p: Probabilidad, en %;

V_m : Valor promedio de la muestra, que se determina como se indica en el numeral 107.3.1.1;

$k(p)$: Factor que establece los límites del intervalo de confianza. Este factor depende del número de resultados (n) que integran la muestra y de la probabilidad (p); su valor se indica en la Tabla 107 - 1;

s : desviación estándar de la muestra, que se determina como se indica en el numeral 107.3.1.2.

Tabla 107 - 1. Factor que establece los límites del intervalo de confianza, k

PROBABILIDAD, p (%)	NÚMERO DE RESULTADOS, n												
	p	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
60		0.138	0.121	0.109	0.100	0.093	0.087	0.083	0.078	0.075	0.072	0.069	0.067
70		0.292	0.254	0.228	0.209	0.194	0.182	0.172	0.163	0.156	0.149	0.144	0.139
75		0.382	0.331	0.297	0.271	0.251	0.235	0.222	0.211	0.201	0.193	0.185	0.179
80		0.489	0.421	0.375	0.342	0.317	0.296	0.279	0.265	0.253	0.242	0.233	0.224
85		0.625	0.532	0.472	0.429	0.396	0.369	0.348	0.330	0.314	0.300	0.289	0.278
90		0.819	0.686	0.603	0.544	0.500	0.466	0.437	0.414	0.394	0.376	0.361	0.347
95		1.177	0.953	0.823	0.734	0.670	0.620	0.580	0.546	0.518	0.494	0.473	0.455
99		2.270	1.676	1.374	1.188	1.060	0.965	0.892	0.833	0.785	0.744	0.708	0.678

107.3.2 Porcentaje estimado de valores dentro de los límites de la especificación (PDL)

En varios de los Artículos de estas especificaciones se establecen criterios de aceptación con base en el porcentaje de valores de mediciones efectuadas a una muestra de un lote que se encuentran dentro de los límites de la especificación.

El cálculo del porcentaje estimado de valores dentro de los límites de la especificación (PDL) se hará con base en el valor promedio de la muestra (V_m), su desviación estándar (s) y sus índices de calidad inferior (IQI) y superior (IQS).

107.3.2.1 Determinación de los índices de calidad

Para determinar los índices de calidad inferior (IQI) y superior (IQS) se requiere, en primer lugar, calcular el valor promedio de la muestra (V_m) y su desviación estándar (s), empleando las expresiones de los numerales 107.3.1.1 y 107.3.1.2.

Luego, se determinan los índices de calidad superior (IQS) e inferior (IQI), por medio de las expresiones:

$$IQS = \frac{V_{\text{máx}} - V_m}{s} \quad [107.5]$$

$$IQI = \frac{V_m - V_{\text{mín}}}{s} \quad [107.6]$$

Siendo: $V_{\text{mín}}$: Valor mínimo o límite inferior de la especificación. Es igual al valor especificado menos la desviación admisible que se establezca para el parámetro;

$V_{\text{máx}}$: Valor máximo o límite superior de la especificación. Es igual al valor especificado más la desviación admisible que se establezca para el parámetro;

IQS: Índice de calidad superior. Califica la calidad de la producción con base en el cumplimiento del valor máximo o superior establecido como requisito, $V_{\text{máx}}$;

IQI: Índice de calidad inferior. Califica la calidad de la producción con base en el cumplimiento del valor mínimo o inferior establecido como requisito, $V_{\text{mín}}$;

s : Desviación estándar de la muestra, que se determina como se indica en el numeral 107.3.1.2.

107.3.2.2 Determinación del PDL

El porcentaje estimado de valores dentro de los límites de la especificación (PDL) se determina por medio de la expresión:

$$\text{PDL} = \text{PDLS} + \text{PDLI} - 100 \quad [107.7]$$

Siendo: PDL: Porcentaje estimado de valores dentro de los límites de la especificación (entre los límites superior e inferior);

PDLS: Porcentaje estimado de valores bajo el límite superior de la especificación;

PDLI: Porcentaje estimado de valores sobre el límite inferior de la especificación.

El porcentaje estimado de valores bajo el límite superior de la especificación (PDLS) se determina a partir del índice de calidad superior (IQS) y el número de resultados de la muestra (n), con la ayuda de la Tabla 107 - 2. Si la especificación no establece un límite superior para el parámetro evaluado ($V_{\text{máx}}$), PDLS es 100.

El porcentaje estimado de valores sobre el límite inferior de la especificación (PDLI) se determina a partir del índice de calidad inferior (IQI) y el número de resultados de la muestra (n), con la ayuda de la Tabla 107 - 2. Si la especificación no establece un límite inferior para el parámetro evaluado ($V_{\text{mín}}$), PDLI es 100.

Se lee el valor de PDLS (PDLI) correspondiente al IQS (IQI) de la tabla que resulte más cercano por defecto al valor IQS (IQI) calculado para el lote. Si el valor de IQS (IQI) es negativo, se reporta como porcentaje estimado de valores bajo (sobre) el límite de la especificación, PDLS (PDLI), el resultado de restar de 100 el valor de PDLS (PDLI) leído de la tabla para el valor absoluto de IQS (IQI).

Tabla 107 - 2. Porcentaje estimado de valores dentro de los límites de la especificación (PDL)

PDLs o PDLI, %	ÍNDICE DE CALIDAD SUPERIOR (IQS) O ÍNDICE DE CALIDAD INFERIOR (IQI)						PDLs o PDLI, %	ÍNDICE DE CALIDAD SUPERIOR (IQS) O ÍNDICE DE CALIDAD INFERIOR (IQI)					
	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8		n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8
100	1.16	1.49	1.72	1.88	1.99	2.07	74	0.78	0.71	0.68	0.67	0.67	0.65
99	-	1.46	1.64	1.75	1.82	1.88	73	0.75	0.68	0.65	0.64	0.63	0.62
98	-	1.43	1.58	1.66	1.72	1.75	72	0.73	0.65	0.62	0.61	0.60	0.59
97	1.15	1.40	1.52	1.59	1.63	1.66	71	0.70	0.62	0.59	0.58	0.57	0.57
96	-	1.37	1.47	1.52	1.56	1.58	70	0.67	0.59	0.56	0.55	0.54	0.54
95	1.14	1.34	1.42	1.47	1.49	1.51							
94	-	1.31	1.38	1.41	1.43	1.45	69	0.64	0.56	0.53	0.52	0.51	0.51
93	1.13	1.28	1.33	1.36	1.38	1.39	68	0.61	0.53	0.50	0.49	0.48	0.48
92	1.12	1.25	1.29	1.31	1.33	1.33	67	0.58	0.50	0.47	0.46	0.45	0.45
91	1.11	1.22	1.25	1.27	1.28	1.28	66	0.55	0.47	0.45	0.43	0.43	0.42
90	1.10	1.19	1.21	1.23	1.23	1.24	65	0.51	0.44	0.42	0.40	0.40	0.39
89	1.09	1.16	1.18	1.18	1.19	1.19	64	0.48	0.41	0.39	0.38	0.37	0.37
88	1.07	1.13	1.14	1.14	1.15	1.15	63	0.45	0.38	0.36	0.35	0.34	0.34
87	1.06	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	62	0.41	0.35	0.33	0.32	0.32	0.31
86	1.04	1.07	1.07	1.07	1.07	1.06	61	0.38	0.30	0.30	0.30	0.29	0.28
85	1.03	1.04	1.03	1.03	1.03	1.03	60	0.34	0.28	0.28	0.25	0.25	0.25
84	1.01	1.01	1.00	0.99	0.99	0.99	59	0.31	0.27	0.25	0.23	0.23	0.23
83	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.95	58	0.30	0.25	0.23	0.20	0.20	0.20
82	0.97	0.95	0.93	0.92	0.92	0.92	57	0.25	0.20	0.18	0.18	0.18	0.18
81	0.95	0.92	0.90	0.89	0.88	0.88	56	0.20	0.18	0.16	0.15	0.15	0.15
80	0.93	0.89	0.87	0.86	0.85	0.85	55	0.18	0.15	0.13	0.13	0.13	0.13
79	0.91	0.86	0.84	0.82	0.82	0.81	54	0.15	0.13	0.10	0.10	0.10	0.10
78	0.88	0.83	0.81	0.79	0.79	0.78	53	0.10	0.10	0.08	0.08	0.08	0.08
77	0.86	0.80	0.77	0.76	0.75	0.75	52	0.08	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
76	0.83	0.77	0.74	0.73	0.72	0.72	51	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
75	0.81	0.74	0.71	0.70	0.69	0.69	50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ANEXO A**EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS DE ANÁLISIS DE RESULTADOS PARA LA ACEPTACIÓN DE LOS TRABAJOS****A.1 Promedio estimado del lote con un grado de confiabilidad dado (numeral 107.3.1.3)**

Este ejemplo se desarrolla para el caso del control de compactación de una capa de terraplén con suelo seleccionado. Se evalúan dos lotes; en cada lote se efectuaron 6 ensayos para la determinación de la densidad seca en el terreno, según la norma de ensayo INV E-161 (método del cono de arena).

A.1.1 Características del material de terraplén

Algunas de las características del suelo seleccionado para el terraplén son:

- Tamaño máximo: 50 mm
- Pasa tamiz de 19.0 mm (3/4"): 85 %
- Pasa tamiz de 9.5 mm (3/8"): 70 %
- Pasa tamiz de 4.75 mm (No. 4): 50 %
- Pasa tamiz de 75 μ m (No. 200): 22 %
- Límite líquido: 25%
- Índice de plasticidad: 9 %
- Clasificación AASHTO: A-2-4

El reporte del ensayo de compactación modificado, norma de ensayo INV E-142, tiene la siguiente información:

- Método C, de acuerdo con la granulometría del material y las indicaciones de la Tabla 142-1 de la norma. Tamiz de control: 19.0 mm (3/4").
- Gravedad específica (G_s) de la fracción de ensayo o fracción fina (porción que el pasa tamiz de control): 2.63

- Gravedad específica (G_M) de los sobretamaños o fracción gruesa (porción retenida en el tamiz de control): 2.67
- Humedad óptima (w_{opt}), sin corregir por sobretamaños: 7.2 %
- Peso unitario seco máximo ($\gamma_{d,m\acute{a}x}$), sin corregir por sobretamaños: 20.54 kN/m³
- Fracción de ensayo (fracción fina, que pasa el tamiz de control) (P_{FE}): 85%
- Sobretamaños (fracción gruesa, retenida en el tamiz de control) (P_{FG}): 15%

El valor del peso unitario seco máximo se ha reportado con aproximación a 0.01 kN/m³, de acuerdo con las indicaciones de la norma de ensayo INV E-142, numeral 9.

A.1.2 Criterio de aceptación

El criterio de aceptación para la capa es el siguiente:

$$GC_i(90) \geq 95.0\% \quad [107.8]$$

Siendo: $GC_i(90)$: Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90%, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje;

GC_i : Valor individual del grado de compactación, en porcentaje, que se calcula mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Expresión 1: material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,m\acute{a}x}} \times 100 \quad [107.9]$$

- Expresión 2: material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d, \text{máx}}} \times 100 \quad [107.10]$$

Siendo: $\gamma_{d,i}$: Valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164, sin efectuar corrección de él por presencia de sobretamaños, de manera que corresponda a la muestra total;

$\gamma_{d, \text{máx}}$: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 (ensayo de compactación modificado) sobre una muestra representativa del mismo;

$C\gamma_{d, \text{máx}}$: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 (ensayo de compactación modificado) sobre una muestra representativa del mismo, y corregido por sobretamaños según la norma de ensayo INV E-143, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total.

El peso unitario seco máximo corregido del material ($C\gamma_{d, \text{máx}}$) que se use para calcular el grado de compactación individual GC_i se obtendrá, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños, P_{FG} , presente en ese sitio.

Como el material tiene sobretamaños, aplica la expresión 2.

A.1.3 Resultados individuales

Los resultados individuales de peso unitario seco del material en el terreno ($\gamma_{d,i}$), obtenidos de los ensayos de densidad en el terreno, son los mostrados en la Tabla 107A - 1; en esta tabla se muestran, también, los contenidos de sobretamaños (P_{FG}) presentes en cada sitio de ensayo.

Tabla 107A - 1. Resultados individuales de peso unitario seco del material en el terreno

ENSAYO	LOTE 1		LOTE 2	
	$\gamma_{d,i}$, kN/m ³	P_{FG} , %	$\gamma_{d,i}$, kN/m ³	P_{FG} , %
1	20.5	15	19.8	13
2	20.4	12	20.3	13
3	20.3	18	19.7	21
4	20.2	14	20.5	15
5	19.7	17	20.2	22
6	20.8	11	20.4	20

Nota: los valores de peso unitario mostrados en la tabla se han redondeado a 0.1 kN/m³ de acuerdo con las indicaciones de la norma INV E-161, numeral 7.1.

A.1.4 Cálculo de los valores individuales de compactación, GC_i

Para el cálculo de los valores individuales de compactación (GC_i) es necesario obtener, para cada ensayo, el peso unitario seco máximo corregido del material ($C\gamma_{d,máx}$) a partir del peso unitario seco máximo del material ($\gamma_{d,máx}$) y del contenido de sobretamaños (P_{FG}) presente en el sitio del ensayo. La corrección se hace según la norma de ensayo INV E-143, numeral 3.1, aplicando la fórmula [143.5] de la siguiente manera:

- $C\gamma_d$ (fórmula) = $C\gamma_{d,máx}$ en kN/m³
- γ_f (fórmula) = $\gamma_{d,máx}$ = 20.54 kN/m³
- γ_w = 9.802 kN/m³

- $G_M = 2.67$
- P_{FG} = sobretamaños por masa, en tanto por uno, para cada ensayo
- P_{FE} = fracción de ensayo, en tanto por uno, para cada ensayo ($P_{FE} = 1 - P_{FG}$)

Los resultados de estos cálculos se presentan en las Tablas 107A - 2 y 107A - 3 para cada uno de los lotes.

Tabla 107A - 2. Valores individuales de compactación (GC_i), lote 1

ENSAYO	LOTE 1			
	$\gamma_{d,i}$, kN/m^3	P_{FG} , tanto por uno	$C\gamma_{d,m\acute{a}x}$, kN/m^3	GC_i , %
1	20.5	0.15	21.0	97.6
2	20.4	0.12	20.9	97.6
3	20.3	0.18	21.1	96.2
4	20.2	0.14	21.0	96.2
5	19.7	0.17	21.1	93.4
6	20.8	0.11	20.9	99.5

Tabla 107A - 3. Valores individuales de compactación (GC_i), lote 2

ENSAYO	LOTE 2			
	$\gamma_{d,i}$, kN/m^3	P_{FG} , tanto por uno	$C\gamma_{d,m\acute{a}x}$, kN/m^3	GC_i , %
1	19.8	0.13	21.0	94.3
2	20.3	0.13	21.0	96.7
3	19.7	0.21	21.2	92.9
4	20.5	0.15	21.0	97.6
5	20.4	0.22	21.3	95.8
6	20.4	0.20	21.2	96.2

A.1.5 Cálculo de $GC_i(90)$

El cálculo del límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90%, se encuentra el valor promedio de la densidad de cada lote, $GC_i(90)$, se ilustra en la Tabla 107A - 4.

Tabla 107A - 4. Cálculo de $GC_i(90)$

ENSAYO	$GC_i, \%$	
	Lote 1	Lote 2
1	97.6	94.3
2	97.6	96.7
3	96.2	92.9
4	96.2	97.6
5	93.4	95.8
6	99.5	96.2
$GC_m, \%$	96.8	95.6
n	6	6
s	2.0	1.7
k (90)	0.603	0.603
$GC_i(90), \%$	95.6	94.6

Nota: los valores de grado de compactación, $GC_i(90)$, se han redondeado a la unidad más cercana en el último dígito de la derecha usado para expresar el límite de la especificación (0.1%), en acuerdo con el método del redondeo de la norma INV E-823, para determinar la conformidad con las especificaciones. El límite de la especificación, en este caso, corresponde al criterio de aceptación establecido al inicio del aparte A.1.2.

- Siendo:
- GC_m : Grado de compactación promedio de la muestra (numeral 107.3.1.1);
 - n: Número de resultados en el lote (tamaño de la muestra);
 - s: Desviación estándar de la muestra (numeral 107.3.1.2);
 - k (90): Factor que establece los límites del intervalo de confianza (Tabla 107 - 1);

A.1.5 Aplicación del criterio de aceptación

La aplicación del criterio de aceptación se muestra en la Tabla 107A - 5.

Tabla 107A - 5. Aplicación del criterio de aceptación

RESULTADO	GC _i , %	
	Lote 1	Lote 2
GC _i (90) del lote, %	95.6	94.6
GC _i (90) mínimo, %	95.0	95.0
Aceptación	SI	NO

A.2 Porcentaje estimado de valores dentro de los límites de la especificación, PDL (numeral 107.3.2)

Este ejemplo se desarrolla para el caso del control de resistencia de un pavimento de concreto hidráulico. Se evaluaron 3 lotes; en cada lote se efectuaron 6 ensayos para la determinación del módulo de rotura a 28 días, según la norma INV E-414.

El valor mínimo de resistencia a la flexión a 28 días ($f_{f,min}$) especificado para el proyecto, o límite inferior de la especificación, es de 4.50 MPa.

Los resultados de mediciones y cálculos se han redondeado según la norma INV E-823, “Guía para el uso de cifras significativas y el redondeo en la verificación del cumplimiento de las especificaciones de construcción”.

A.2.1 Criterio de aceptación

Para la aceptación o rechazo por resistencia del lote de pavimento de concreto se definen 3 niveles de calidad, en función del porcentaje estimado de la resistencia dentro de los límites de la especificación (PDL):

- **Nivel de aceptación a satisfacción:** Si el valor de PDL del lote es igual o superior a 90%, el lote de pavimento se acepta y se paga al precio unitario del contrato.

- **Nivel de aceptación con sanción:** Si el valor de PDL del lote está entre 50% y 89%, el lote de pavimento se podrá aceptar con sanción, consistente en la aplicación de una reducción al precio unitario del contrato para el pago del lote, la cual se hace aplicando un factor de ajuste de precio. El factor de ajuste de precio por resistencia FAR (menor que la unidad) que se aplicará al precio unitario del contrato para el pago del lote, se definirá para cada lote mediante la Tabla 107A - 6.
- **Nivel de rechazo:** Si el valor de PDL del lote es inferior a 50%, el lote se rechaza; se debe demoler y reemplazar con otro de calidad satisfactoria.

Tabla 107A -6. Factor de ajuste del precio unitario por resistencia (FAR)

PDL, %	FAR FACTOR DE AJUSTE DE PRECIO UNITARIO	PDL, %	FAR FACTOR DE AJUSTE DE PRECIO UNITARIO	PDL, %	FAR FACTOR DE AJUSTE DE PRECIO UNITARIO
90 a 100	1.000	73	0.915	56	0.795
89	0.995	72	0.910	55	0.788
88	0.990	71	0.905	54	0.780
87	0.985	70	0.900	53	0.773
86	0.980	69	0.893	52	0.765
85	0.975	68	0.885	51	0.758
84	0.970	67	0.878	50	0.750
83	0.965	66	0.870	Rechazo	
82	0.960	65	0.863		
81	0.955	64	0.855		
80	0.950	63	0.848		
79	0.945	62	0.840		
78	0.940	61	0.833		
77	0.935	60	0.825		
76	0.930	59	0.818		
75	0.925	58	0.810		
74	0.920	57	0.803		

A.2.2 Resultados individuales

Los resultados individuales de resistencia a la flexión a 28 días ($f_{f,i}$) para estos lotes, determinados mediante la norma INV E-414, son los mostrados en la Tabla 107A - 7. Los

resultados se han reportado con aproximación a 0.05 MPa, como lo establece la misma norma.

Tabla 107A -7. Resultados individuales de resistencia a la flexión a 28 días

ENSAYO	$f_{f,i}$, MPa		
	LOTE 1	LOTE 2	LOTE 3
1	4.65	4.35	4.65
2	4.60	4.75	4.60
3	4.75	4.40	4.75
4	4.50	4.45	4.50
5	4.65	4.40	4.30
6	4.55	4.45	4.45

A.2.3 Cálculo de los índices de calidad (numeral 107.3.2.1)

El cálculo de los índices de calidad inferior (IQI) y superior (IQS) se ilustra en la Tabla 107A - 8.

Tabla 107A - 8. Cálculo de los índices de calidad

ENSAYO	$f_{f,i}$, MPa		
	LOTE 1	LOTE 2	LOTE 3
1	4.65	4.65	4.35
2	4.60	4.60	4.75
3	4.75	4.75	4.40
4	4.50	4.50	4.45
5	4.65	4.30	4.40
6	4.55	4.45	4.45
$f_{f,m}$, MPa	4.62	4.54	4.47
n	6	6	6
s	0.088	0.16	0.14
$f_{f,máx}$, MPa	NA	NA	NA
IQS	NA	NA	NA
$f_{f,mín}$, MPa	4.50	4.50	4.50
IQI	1.36	0.25	-0.21

- Siendo:
- $f_{f,m}$: Resistencia promedio a la flexión de la muestra;
 - n : Número de resultados en el lote (tamaño de la muestra);
 - s : Desviación estándar de la muestra;
 - $f_{f,máx}$: Valor máximo de resistencia a la flexión, o límite superior de la especificación;
 - $f_{f,mín}$: Valor mínimo de resistencia a la flexión, o límite inferior de la especificación.

Siguiendo las indicaciones del numeral 5.13 de la norma INV E-823, los valores obtenidos de los cálculos de la resistencia promedio a la flexión de la muestra, $f_{f,m}$, se han redondeado con aproximación a las centésimas, que es el último lugar de dígitos significativos de los valores de resistencia individual, $f_{f,i}$; así mismo, la desviación estándar, s , se ha redondeado con 2 dígitos significativos.

En este caso, el índice de calidad superior (IQS) no aplica, porque no se especifica un límite superior para la resistencia a la flexión.

A continuación, se ilustra, el cálculo detallado del índice de calidad inferior (IQI) para el lote 1:

$$IQI = \frac{V_m - V_{mín}}{s} = \frac{f_{f,m} - f_{f,mín}}{s} = \frac{4.62 - 4.50}{0.088} = 1.363636$$

Los resultados del índice de calidad inferior (IQI) mostrados en la Tabla 107A - 8 se han redondeado a la centésima, conservando la aproximación que tienen estos valores en la Tabla 107 - 2.

A.2.4 Aplicación del criterio de aceptación

Para aplicar el criterio de aceptación, se determina primero el porcentaje estimado de valores dentro de los límites de la especificación (PDL) para cada lote, con la ayuda de la Tabla

107 - 2; luego, se aplica el criterio de aceptación al valor de PDL correspondiente a cada lote, como se ilustra en la Tabla 107A - 9.

Tabla 107A - 9. Aplicación del criterio de aceptación

PARÁMETRO	LOTE 1	LOTE 2	LOTE 3
n	6	6	6
IQS	NA	NA	NA
PDLS	100	100	100
IQI	1.36	0.25	-0.21
PDLI	93	60	42
PDL	93	60	42
ACEPTACIÓN	Aceptación a satisfacción	Aceptación con sanción	Rechazo

Siendo: n: Número de resultados en el lote (tamaño de la muestra);

IQS: Índice de calidad superior;

IQI: Índice de calidad inferior;

PDLS: Porcentaje estimado de valores bajo el límite superior de la especificación;

PDLI: Porcentaje estimado de valores sobre el límite inferior de la especificación;

PDL: Porcentaje estimado de valores dentro de los límites de la especificación

De acuerdo con los resultados obtenidos al aplicar el criterio de aceptación, se procede de la siguiente manera para cada uno de los lotes:

- El lote 1 se acepta a satisfacción y se paga al precio unitario del contrato.
- El lote 2 se acepta con sanción. En este caso, el valor del factor de ajuste por resistencia (FAR) es de 0.825, que

corresponde al porcentaje estimado de valores dentro de los límites de la especificación (PDL) de 60, según la Tabla 107A - 6. Es decir, que este lote se paga, por resistencia, al precio unitario del contrato multiplicado por 0.825.

- El lote 3 se rechaza; se debe demoler y reemplazar con otro de calidad satisfactoria.

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

MEDIDA Y PAGO DE LA OBRA EJECUTADA

ARTÍCULO 108 – 13

108.1 MEDIDA

108.1.1 Aspectos generales

Con la frecuencia que se haya prescrito en los documentos del Contrato, el Constructor y el Interventor medirán las cantidades de obra ejecutada.

Se medirán para efectos de pago exclusivamente las cantidades correspondientes a las obras previamente aceptadas por el Interventor, ejecutadas de acuerdo con sus instrucciones, los planos de construcción, las especificaciones generales y particulares de construcción y los demás documentos contractuales del proyecto.

No se medirán para efectos de pago cantidades de obra en exceso de las autorizadas por el Interventor.

108.1.2 Procedimiento de medida

La medición se efectuará aplicando los procedimientos y unidades de medida contemplados en el respectivo Artículo. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida en el respectivo Artículo, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

108.2 PAGO

108.2.1 Abono por la obra ejecutada

El abono por la obra ejecutada en cada partida de trabajo y en cada período, se determinará multiplicando las cantidades aprobadas por su respectivo precio unitario, descontando de dicha suma los valores fijados en el contrato y las tasas, contribuciones e impuestos determinados por las disposiciones legales vigentes.

108.2.2 Precios unitarios

Los precios unitarios definidos en cada especificación, cubrirán el costo de todos los suministros y las operaciones relacionadas con la correcta

ejecución de las obras especificadas, excepto aquellos costos correspondientes a las actividades que se indiquen explícitamente. Incluirán los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

Los precios unitarios deberán cubrir los costos requeridos para el suministro, en el sitio de las obras, de materiales y mezclas que cumplan, sin excepción, todos los requisitos de calidad exigidos para ellos en los Artículos correspondientes de estas especificaciones o de las especificaciones particulares; los desperdicios; transportes; almacenamientos; mano de obra en trabajos diurnos y nocturnos o en días feriados; prestaciones sociales y aportes parafiscales; impuestos, tasas y contribuciones decretados por los gobiernos nacional, departamental o municipal; herramientas; maquinaria; ensayos de control de calidad; patentes; permisos; licencias de toda índole; derechos de explotación y alquiler de fuentes de materiales; regalías; servidumbres; el cumplimiento de todas las disposiciones sobre seguridad, salubridad y ambiente; la adquisición, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control de explosivos; la construcción de desvíos (salvo los indicados en el numeral 105.12.2 del Artículo 105, “Desarrollo y control de los trabajos”), canalizaciones y obras de arte provisionales; la conservación de la partida de trabajo aceptada, desde el recibo provisional hasta el recibo definitivo; así como todos los demás costos inherentes al cumplimiento satisfactorio de cada partida de trabajo del contrato, cumplimiento que se verificará de acuerdo con lo establecido en el numeral denominado “CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS” de la especificación a la cual aplica el respectivo precio unitario.

Los precios unitarios deberán incluir, así mismo, los costos de adecuación paisajística y ambiental de las fuentes de materiales utilizadas, para recuperar sus características hidrológicas superficiales al terminar su explotación, así como los costos de la definición de las fórmulas de trabajo que correspondan, de la fase de experimentación y de la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos y el período adicional que fije el Interventor.

108.3 ACLARACIÓN SOBRE LA MEDIDA Y EL PAGO

La redacción de las presentes Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras considera la ejecución de los contratos mediante la modalidad de pago por precio unitario. Teniendo en cuenta que el Instituto Nacional de Vías puede operar bajo distintas modalidades de contratación de obra, los Pliegos de Condiciones definirán, en cada caso, las adaptaciones por realizar a las Especificaciones Generales cuando se emplee otra modalidad para el pago de la obra ejecutada.

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIRSA

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIA

CAPÍTULO 2 – EXPLANACIONES

ART. 200	DESMONTE Y LIMPIEZA
ART. 201	DEMOLICIÓN Y REMOCIÓN
ART. 203	TRASPLANTE DE ÁRBOLES
ART. 210	EXCAVACIÓN DE LA EXPLANACIÓN, CANALES Y PRÉSTAMOS
ART. 211	REMOCIÓN DE DERRUMBES
ART. 220	TERRAPLENES
ART. 221	PEDRAPLENES
ART. 223	TERRAPLENES REFORZADOS CON GEOSINTÉTICOS
ART. 230	MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE MATERIALES
ART. 231	SEPARACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE Y CAPAS GRANULARES CON GEOTEXTIL
ART. 232	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE CON GEOTEXTIL
ART. 233	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE Y REFUERZO DE CAPAS GRANULARES CON GEOMALLAS
ART. 234	CONFORMACIÓN DE TALUDES EXISTENTES
ART. 235	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE CON CEMENTO
ART. 236	ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE CON CAL

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIA

DESMONTE Y LIMPIEZA

ARTÍCULO 200 – 13

200.1 DESCRIPCIÓN

200.1.1 Generalidades

Este trabajo consiste en el desmonte y limpieza del terreno natural en las áreas que ocuparán las obras del proyecto vial y las zonas o fajas laterales reservadas para la vía, que se encuentren cubiertas de rastrojo, maleza, bosque, pastos, cultivos, etc., incluyendo la remoción de tocones, raíces, escombros y basuras, de modo que el terreno quede limpio y libre de toda vegetación y su superficie resulte apta para iniciar los demás trabajos.

El trabajo incluye el retiro y la disposición final dentro o fuera de la zona del proyecto, de todos los materiales provenientes de las operaciones de desmonte y limpieza, previa autorización del Interventor, atendiendo las normas y disposiciones legales vigentes.

200.1.2 Clasificación

El desmonte y limpieza se clasificará de acuerdo con los siguientes criterios:

200.1.2.1 Desmonte y limpieza en bosque

Comprende la tala de árboles, remoción de tocones, desraíce y limpieza de las zonas donde la vegetación se presenta en forma de bosque continuo.

200.1.2.2 Desmonte y limpieza en zonas no boscosas

Comprende el desraíce y la limpieza en zonas cubiertas de pastos, rastrojo, maleza, escombros, cultivos y arbustos.

También comprende la remoción total de árboles aislados o grupos de árboles dentro de superficies que no presenten características de bosque continuo.

200.2 MATERIALES

Los materiales obtenidos como resultado de la ejecución de los trabajos de desmonte y limpieza, se dispondrán de acuerdo con lo establecido en el numeral 200.4.4.

200.3 EQUIPO

El equipo empleado para la ejecución de los trabajos de desmonte y limpieza deberá ser compatible con los procedimientos de ejecución adoptados y requiere la aprobación previa del Interventor, teniendo en cuenta que su capacidad y su eficiencia se ajusten al programa de ejecución de los trabajos y al cumplimiento de las exigencias de esta especificación.

200.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

200.4.1 Desmonte y limpieza

Los trabajos de desmonte y limpieza se deberán efectuar en todas las zonas señaladas en los planos o indicadas por el Interventor y de acuerdo con procedimientos aprobados por éste, tomando las precauciones necesarias para lograr unas condiciones de seguridad satisfactorias. Salvo que los documentos del proyecto indiquen algo diferente, dichas zonas deberán abarcar, como mínimo, los límites indicados en la Tabla 200 - 1.

Por ningún motivo se permitirá el procedimiento de desmonte mediante quema, así sea controlada. Tampoco se permitirá el uso de herbicidas sin previo permiso de la autoridad ambiental competente.

Para evitar daños en las propiedades adyacentes o en los árboles que deban permanecer en su lugar, se procurará que los árboles que han de ser derribados caigan en el centro de la zona objeto de limpieza, troceándolos por su copa y tronco progresivamente, cuando así lo exija el Interventor.

Las ramas de los árboles que se extiendan sobre el área que, según el proyecto, vaya a estar ocupada por la corona de la vía, deberán ser cortadas o podadas para dejar un claro mínimo de seis metros (6 m), a partir del borde de la superficie de la misma.

Tabla 200 - 1. Límite de áreas para desmonte y limpieza

TIPO DE ZONA	LÍMITE ÁREA
Áreas de fundación de terraplenes.	Hasta 1.00 m más afuera del pie del terraplén.
Áreas de excavación.	Hasta 1.00 m más afuera de los bordes superiores.
Fajas de emplazamiento de canales, zanjas y otras obras de drenaje.	Hasta 0.50 m más afuera de las líneas de borde.
Áreas de excavación para fundaciones de estructuras.	Hasta 1.00 m más afuera de las líneas de excavación.
Áreas de emplazamiento de las cercas que delimitan la faja de derecho de vía.	En 1.00 m de ancho.
Áreas de cauce de escurrimientos naturales.	Toda el área dentro de los límites definidos por el proyecto.

200.4.2 Remoción de tocones y raíces

En aquellas áreas donde se deban efectuar trabajos de excavación, todos los troncos, raíces y otros materiales inconvenientes, deberán ser removidos hasta una profundidad no menor de sesenta centímetros (60 cm), contados desde la superficie de la subrasante del proyecto.

En las áreas que vayan a servir de base de terraplenes o estructuras de contención o drenaje, los tocones, raíces de más de diez centímetros (10 cm) de diámetro y demás materiales inconvenientes, se deberán eliminar hasta una profundidad no menor de treinta centímetros (30 cm) por debajo de la superficie que se deba descubrir de acuerdo con las necesidades del proyecto y a juicio del Interventor.

Todos los troncos que estén en la zona del proyecto, pero por fuera de las áreas de excavación, terraplenes o estructuras, se podrán cortar a ras del suelo.

Todas las oquedades causadas por la extracción de tocones y raíces se rellenarán con el suelo que haya quedado al descubierto al hacer la limpieza y éste se conformará y apisonará hasta obtener un grado de compactación similar al del terreno adyacente y hasta que la superficie se ajuste a la del terreno circundante.

200.4.3 Descapote

El volumen de la capa vegetal que se remueva al efectuar el desmonte y la limpieza no deberá ser incluido dentro del trabajo objeto del presente Artículo. Dicho trabajo se encontrará cubierto por el Artículo 210, "Excavación de la explanación, canales y préstamos".

200.4.4 Remoción y disposición de materiales

Los árboles talados que sean susceptibles de aprovechamiento, deberán ser despojados de sus ramas y cortados en trozos de tamaño conveniente, los que deberán ser apilados debidamente a lo largo de la zona de derecho de vía, disponiéndose posteriormente según lo apruebe el Interventor.

El resto de los materiales provenientes del desmonte y la limpieza deberá ser retirado del lugar de los trabajos y transportado y depositado en los lugares establecidos en los documentos del proyecto o señalados por el Interventor, donde dichos materiales deberán ser enterrados convenientemente, extendiéndolos en capas dispuestas de forma que se reduzca al mínimo la formación de huecos. Cada capa se deberá cubrir o mezclar con suelo para rellenar los posibles huecos, y sobre la capa superior se deben extender al menos treinta centímetros (30 cm) de suelo compactado adecuadamente, de tal manera que la acción de los elementos naturales no pueda dejarlos al descubierto. Estos materiales no se extenderán en zonas donde se prevean afluencias apreciables de agua.

El trabajo de trasplante de especies vegetales que deban ser conservadas (que incluye remoción, traslado y plantación en otro sitio) será cubierto por el Artículo 203, "Trasplante de árboles".

200.4.5 Orden de las operaciones

Los trabajos de desmonte y limpieza se deben efectuar con anterioridad al inicio de las operaciones de explanación. En cuanto dichos trabajos lo permitan, y antes de disturbar con maquinaria la capa vegetal, se deberán levantar secciones transversales del terreno original, las cuales servirán para determinar los volúmenes de la capa vegetal y del movimiento de tierra.

Si después de ejecutados el desmonte y la limpieza, la vegetación vuelve a crecer por motivos imputables al Constructor, éste deberá efectuar una nueva limpieza, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, antes de realizar la operación constructiva subsiguiente.

200.4.6 Limitaciones de Ejecución

Los trabajos se deberán realizar en condiciones de luz solar.

200.4.7 Manejo ambiental

Cuando la autoridad competente lo permita, la materia vegetal inservible y los demás desechos del desmonte y limpieza se podrán quemar en un momento oportuno y de una manera apropiada para prevenir la propagación del fuego. El Constructor será responsable tanto de obtener el permiso para la quema, como de cualquier conflagración que resulte de dicho proceso.

Por ningún motivo se permitirá que los materiales de desecho se incorporen en la construcción de los terraplenes, ni disponerlos a la vista en las zonas o fajas laterales reservadas para la vía, ni en sitios donde puedan ocasionar perjuicios ambientales.

Tampoco se permitirá el uso de explosivos para la remoción de la vegetación.

200.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

200.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar que el Constructor disponga de todos los permisos requeridos.
- Comprobar el estado y funcionamiento del equipo empleado en la ejecución de los trabajos.
- Verificar la eficiencia y seguridad de los procedimientos de ejecución de los trabajos.

- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.
- Comprobar que la disposición de los materiales obtenidos de los trabajos de desmonte y limpieza se ajuste a las exigencias de la presente especificación y todas las disposiciones legales vigentes.

El Interventor señalará todos los árboles que deban quedar de pie y ordenará las medidas para evitar que sean dañados.

El Constructor aplicará las acciones y los procedimientos constructivos recomendados en los respectivos estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales, y el Interventor velará por su cumplimiento.

El Interventor medirá las áreas en las que se ejecuten los trabajos en acuerdo a esta especificación.

200.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

La actividad de desmonte y limpieza se considerará terminada cuando la zona quede despejada para permitir que se continúe con las siguientes actividades de la construcción. Para efectos de medida y pago, el Interventor únicamente controlará las zonas donde el desmonte y la limpieza se realicen en una longitud no mayor de un kilómetro (1 km) adelante del frente de la explanación.

200.6 MEDIDA

La unidad de medida del área desmontada y limpiada será la hectárea (Ha), en su proyección horizontal, aproximada al décimo de hectárea.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se medirán para pago las áreas correspondientes a:

- Calzadas de vías existentes.

- Áreas desmontadas y limpiadas en zonas de préstamos o de canteras y otras fuentes de materiales que se encuentren localizadas fuera de la zona del proyecto.
- Áreas que el constructor haya despejado por conveniencia propia, tales como vías de acceso, vías para acarreos, campamentos, instalaciones o depósitos de materiales.

200.7 FORMA DE PAGO

El pago del desmonte y limpieza se hará al respectivo precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado de acuerdo con esta especificación y aceptado a plena satisfacción por el Interventor.

El precio deberá cubrir todos los costos de desmontar, destroncar, desraizar, rellenar y compactar los huecos de tocones; y disponer los materiales sobrantes de manera uniforme en los sitios aprobados por el Interventor. El precio unitario deberá cubrir, además, el cargue, transporte y descargue y debida disposición de estos materiales, así como la mano de obra, herramientas, equipo necesario para la ejecución de los trabajos y la obtención de todos los permisos requeridos.

El precio unitario deberá incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

El pago por concepto de desmonte y limpieza se hará independientemente del correspondiente a la excavación o el descapote en los mismos sitios, aún cuando los dos trabajos se ejecuten en una sola operación. El descapote y la excavación se medirán y pagarán de acuerdo con el Artículo 210, "Excavación de la explanación, canales y préstamos", ítem Excavación en material común.

El pago de trasplante de especies vegetales que deban ser conservadas (que incluye remoción, traslado y plantación en otro sitio) será cubierto por el Artículo 203, "Trasplante de árboles".

200.8 ÍTEM DE PAGO

200.1	Desmonte y limpieza en bosque	Hectárea (ha)
200.2	Desmonte y limpieza en zonas no boscosas	Hectárea (ha)

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS
Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

DEMOLICIÓN Y REMOCIÓN

ARTÍCULO 201 – 13

201.1 DESCRIPCIÓN

201.1.1 Generalidades

Este trabajo consiste en la demolición total o parcial de estructuras o edificaciones existentes en las zonas que indiquen los documentos del proyecto, y la remoción, cargue, transporte, descargue y disposición final de los materiales provenientes de la demolición, en las áreas aprobadas por el Interventor. Incluye:

- Retiro, cambio, restauración o protección de las instalaciones de los servicios públicos y privados que se vean afectados por las obras del proyecto;
- Manejo, desmontaje, traslado y el almacenamiento de estructuras existentes;
- Remoción de cercas de alambre y otros obstáculos;
- Remoción de especies vegetales que no van a ser trasplantadas y que no se encuentren dentro de áreas que son objeto de trabajos de desmonte y limpieza;
- Suministro, colocación y conformación del material de relleno para zanjas, fosos y hoyos resultantes de los trabajos, de acuerdo con los planos y las instrucciones del Interventor.

El trabajo de remoción de especies vegetales situadas en áreas que son objeto de trabajos de desmonte y limpieza será cubierto por el Artículo 200, "Desmonte y Limpieza".

El trabajo remoción de especies vegetales que van a ser trasplantadas será cubierto por el Artículo 203, "Trasplante de árboles".

201.1.2 Clasificación

La demolición total o parcial y la remoción de estructuras y obstáculos, se clasificarán de acuerdo con los siguientes criterios:

- Demolición de estructuras existentes;
- Desmontaje y traslado de estructuras metálicas y alcantarillas;
- Remoción de especies vegetales;
- Remoción de cercas de alambre;
- Remoción de obstáculos;
- Remoción de ductos de servicios existentes;
- Traslado de postes y torres;
- Remoción de rieles, defensas metálicas y barreras de seguridad.

201.2 MATERIALES

Los materiales provenientes de la demolición que, a juicio del Interventor, sean aptos para rellenar y emparejar la zona de demolición u otras zonas del proyecto, se deberán utilizar para este fin.

El material que suministre el Constructor para el relleno de las zanjas, fosos y hoyos resultantes de los trabajos, deberá tener la aprobación previa del Interventor.

201.3 EQUIPO

Los equipos que emplee el Constructor en esta actividad deberán tener la aprobación previa del Interventor y ser suficientes para garantizar el cumplimiento de esta especificación y del programa de trabajo.

Cuando las circunstancias lo ameriten, el Interventor podrá autorizar el uso de explosivos, asumiendo el Constructor la responsabilidad de cualquier daño causado por un manejo incorrecto de ellos.

Para remover estructuras, especies vegetales, obstáculos, cercas y conducciones de servicios y demás elementos considerados en el presente Artículo, se deberán utilizar equipos que no les produzcan daño, de acuerdo con procedimientos aprobados por el Interventor.

201.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

201.4.1 Generalidades

Antes de iniciar los trabajos de demolición de estructuras, el Constructor deberá elaborar un estudio de demolición en el cual se deberán definir como mínimo:

- Métodos de demolición y etapas de su aplicación;
- Estabilidad de las construcciones remanentes en cada etapa, así como los armazones y cimbras necesarios;
- Estabilidad y protección de construcciones remanentes que no vayan a ser demolidas;
- Protección de las construcciones e instalaciones del entorno;
- Mantenimiento o sustitución provisional de servicios afectados por la demolición;
- Medios de evacuación y definición de zonas de disposición de los productos de la demolición;
- Cronogramas de trabajos;
- Pautas de control;
- Medidas de seguridad y salud.

El estudio de demolición debe ser aprobado por el Interventor antes de iniciar los trabajos de demolición. Tal autorización no exime al Constructor de su responsabilidad por las operaciones aquí señaladas, ni del cumplimiento de estas especificaciones y de la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud y de transporte y almacenamiento de los productos de la construcción; así como de las demás condiciones pertinentes establecidas en los documentos del contrato.

El Constructor será responsable de todo daño causado, directa o indirectamente, a las personas, así como a redes de servicios públicos, o

propiedades cuya destrucción o menoscabo no estén previstos en los planos, ni sean necesarios para la ejecución de los trabajos contratados.

El Constructor deberá colocar señales y luces que indiquen, durante el día y la noche, los lugares donde se realicen trabajos de demolición o remoción, de acuerdo con las disposiciones vigentes, y será responsable de mantener la vía transitable, cuando ello se requiera.

Los trabajos se deberán efectuar en tal forma que produzcan la menor molestia posible a los habitantes de las zonas próximas a la obra y a los usuarios de la vía materia del contrato, cuando ésta permanezca abierta al tránsito durante la construcción.

Si los trabajos aquí descritos afectan el tránsito normal en la vía objeto del contrato y en sus intersecciones, el Constructor será el responsable de mantenerlo adecuadamente, de acuerdo con las disposiciones y reglamentaciones vigentes del Ministerio de Transporte y del Instituto Nacional de Vías.

Si los trabajos implican la interrupción de los servicios públicos (energía, cable, gas, teléfono, acueducto, alcantarillado), conductos de combustible, ferrocarriles u otros modos de transporte, el Constructor deberá coordinar y colaborar con las entidades encargadas del mantenimiento de tales servicios, para que las interrupciones sean mínimas.

Cuando se utilicen explosivos, se deberá llevar un registro detallado de su clase, proveedor, existencias y consumo, así como de los demás accesorios requeridos; y se confiará a personas experimentadas su uso, manejo y almacenamiento, de manera que se sujeten a las leyes y reglamentos de las entidades que los controlan. Si la demolición aconseja el uso de explosivos, pero éstos no sean admisibles por su impacto ambiental, se deberá recurrir a técnicas alternativas tales como la fracturación hidráulica o el uso de cemento expansivo.

Al finalizar cada jornada de trabajo no deberán quedar elementos de la obra en estado inestable o peligroso.

Todos los procedimientos aplicados en el desarrollo de los trabajos de demolición y remoción deberán ceñirse a las exigencias del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y a las del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente.

201.4.2 Demolición total o parcial de estructuras existentes

201.4.2.1 Demolición de edificaciones

Se refiere al derribo parcial o total de las casas o edificios, incluyendo cimientos y otros bienes que sea necesario eliminar para el desarrollo de los trabajos del proyecto, de acuerdo con lo que indiquen los planos o las especificaciones particulares.

El Constructor deberá proteger las edificaciones y estructuras vecinas a las que se han de demoler y construirá las defensas necesarias para su estabilidad y protección; tomará las medidas indispensables para la seguridad de personas y especies animales y vegetales que puedan ser afectadas por los trabajos.

Los cimientos de las edificaciones que se vayan a demoler se deberán romper y remover, hasta una profundidad mínima de treinta centímetros (30 cm) por debajo de los niveles en que hayan de operar los equipos de compactación en los trabajos de explanación o construcción de bases y estructuras del proyecto. En los sótanos, se deberá retirar todo escombros o material objetable, eliminando también los tabiques interiores u otros elementos de la edificación, de acuerdo con las indicaciones del Interventor.

Si la edificación tiene instalaciones de servicios públicos, sus acometidas deberán ser neutralizadas, en acuerdo con las entidades administradoras o propietarias de las mismas. Posteriormente, las conexiones, así como los pozos sépticos u obras similares, deberán ser removidos y las zanjas resultantes se rellenarán con material adecuado, previamente aprobado por el Interventor.

Las cavidades o depresiones resultantes de los trabajos de demolición se deberán rellenar hasta el nivel del terreno circundante y si éstas se encuentran dentro de los límites de un terraplén o debajo de la subrasante, el relleno se deberá compactar de acuerdo con los requisitos aplicables del Artículo 220, "Terraplenes".

201.4.2.2 Demolición de puentes, alcantarillas y otras estructuras

Cuando estas estructuras se encuentren en servicio para el tránsito público, el Constructor no podrá proceder a su demolición hasta cuando se hayan efectuado los trabajos necesarios para no interrumpir el tránsito. El diseño y la construcción de las obras provisionales destinadas a mantener el servicio y el tránsito, serán de cargo y responsabilidad del Constructor.

A menos que los documentos del proyecto establezcan otra cosa o que el Interventor lo autorice de manera diferente, las infraestructuras existentes deberán ser demolidas hasta el fondo natural o lecho del río o quebrada, y las partes que se encuentren fuera de la corriente se deberán demoler hasta por lo menos treinta centímetros (30 cm) más abajo de la superficie natural del terreno. Cuando las partes de la estructura existente se encuentren dentro de los límites de construcción de la nueva estructura, dichas partes se deberán demoler hasta donde sea necesario, para permitir la construcción de la estructura proyectada.

Los cimientos y otras estructuras subterráneas deberán ser demolidas hasta las siguientes profundidades mínimas:

- En áreas de excavación, un metro (1 m) por debajo de la superficie subrasante proyectada.
- En áreas que se vayan a cubrir con terraplenes de un metro (1 m) o menos, un metro (1 m) por debajo de la subrasante proyectada.
- En áreas que se vayan a cubrir con terraplenes de más de un metro (1 m) de altura, no es necesario demoler la estructura más abajo del nivel del terreno natural, salvo que los documentos del proyecto presenten una indicación diferente.

Cuando se deba demoler parcialmente una estructura que forme parte del proyecto, los trabajos se efectuarán de tal modo que sea mínimo el daño a la parte de la obra que se vaya a utilizar posteriormente. Los bordes de la parte

utilizable de la estructura deberán quedar libres de fragmentos sueltos y listos para empalmar con las ampliaciones proyectadas.

Las demoliciones de estructuras se deberán efectuar con anterioridad al comienzo de la nueva obra, salvo que el pliego de condiciones o los documentos del proyecto lo establezcan de otra manera.

201.4.2.3 Demolición de pavimentos rígidos, pisos y andenes de concreto y bordillos

Los pavimentos rígidos, andenes y bordillos de concreto, bases de concreto y otros elementos cuya demolición esté prevista en los documentos del proyecto, deberán ser demolidos con equipos apropiados y removidos en fracciones de tamaño adecuado, para que puedan ser utilizados en la construcción de rellenos o disponer de ellos como sea autorizado por el Interventor. En caso de utilizar equipo pesado, el trabajo se deberá suspender a una distancia prudente para no causar daños a las estructuras que seguirán en servicio.

En caso de que resultara dañada o removida una superficie mayor que la contemplada, será de cargo del Constructor la reposición de ella a entera satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Las áreas donde se remuevan andenes deberán ser mantenidas libres de escombros, con el objetivo de que la circulación de los peatones permanezca expedita y segura.

Cuando los productos de demolición se usen en la construcción de rellenos, el tamaño máximo de cualquier fragmento no deberá exceder de dos tercios ($2/3$) del espesor de la capa en la cual se vaya a colocar. En ningún caso, el volumen de los fragmentos deberá exceder de veintiocho decímetros cúbicos (28 dm^3), debiendo ser apilados en los lugares indicados en los planos del proyecto o en las especificaciones particulares, a menos que el Interventor autorice otro lugar.

201.4.3 Desmontaje y traslado de estructuras metálicas y alcantarillas

Comprende la identificación, clasificación y marca de todos los elementos de las estructuras metálicas, en concordancia con los planos de taller previamente elaborados por el Constructor, para facilitar su utilización posterior, y su desmontaje y traslado al sitio de almacenamiento o nuevo montaje, de acuerdo con lo indicado por los documentos del proyecto, a satisfacción del Interventor.

El retiro de toda alcantarilla que deba ser quitada, se hará cuidadosamente y tomando las precauciones necesarias para evitar que se maltrate o rompa. La alcantarilla que vaya a ser colocada nuevamente, deberá ser trasladada y almacenada cuando sea necesario, para evitar pérdidas o daños, antes de ser instalada de nuevo. El Constructor deberá reponer, a su costa, todo tramo de alcantarilla que se extravíe o dañe, si ello obedece a descuido de su parte.

201.4.4 Remoción de especies vegetales

Los árboles talados que sean susceptibles de aprovechamiento, deberán ser despojados de sus ramas y cortados en trozos de tamaño conveniente, los que deberán ser apilados debidamente a lo largo de la zona de derecho de vía, disponiéndose posteriormente según lo apruebe el Interventor.

El resto de los materiales resultantes de la remoción de especies vegetales deberá ser retirado del lugar de los trabajos y transportado y depositado en los lugares establecidos en los documentos del proyecto o señalados por el Interventor, donde dichos materiales deberán ser enterrados convenientemente, extendiéndolos en capas dispuestas de forma que se reduzca al mínimo la formación de huecos. Cada capa se deberá cubrir o mezclar con suelo para rellenar los posibles huecos, y sobre la capa superior se deben extender al menos treinta centímetros (30 cm) de suelo compactado adecuadamente, de tal manera que la acción de los elementos naturales no pueda dejarlos al descubierto. Estos materiales no se extenderán en zonas donde se prevean afluencias apreciables de agua.

En las áreas que vayan a servir de base de terraplenes o estructuras de cualquier tipo, los tocones, raíces de más de diez centímetros (10 cm) de diámetro y demás materiales inconvenientes, se deberán eliminar hasta la profundidad que se indique en los documentos del proyecto, la cual no

será menor de treinta centímetros (30 cm) por debajo del nivel apoyo de los terraplenes, de las estructuras o de los rellenos de cimentación de éstas.

Todos los troncos que estén en la zona del proyecto, pero por fuera de las áreas de excavación, terraplenes o estructuras, se podrán cortar a ras del suelo, si los documentos del proyecto no especifican otra cosa.

Las cavidades o depresiones resultantes de los trabajos de remoción de especies vegetales se deberán rellenar hasta el nivel del terreno circundante y, si éstas se encuentran dentro de los límites de un terraplén o debajo de la subrasante, el relleno se deberá compactar de acuerdo con los requisitos aplicables del Artículo 220, "Terraplenes".

El trabajo de trasplante de especies vegetales que deban ser conservadas (que incluye remoción, traslado y plantación en otro sitio) será cubierto por el Artículo 203, "Trasplante de árboles".

201.4.5 Remoción de cercas de alambre

El Constructor deberá remover, trasladar y reinstalar las cercas de alambre en los nuevos emplazamientos, cuando ello esté considerado en los documentos del proyecto o lo señale el Interventor. El traslado se deberá realizar evitando maltratos innecesarios a las partes que sean manipuladas o transportadas. Si la reinstalación no está prevista, los elementos removidos se ubicarán en los sitios que defina el Interventor.

El relleno de los espacios dejados por los postes removidos y que no sean ocupados por las obras proyectadas, se realizará con un material similar al circundante.

201.4.6 Remoción de obstáculos

Según se muestre en los planos o en las especificaciones particulares, el Constructor deberá eliminar, retirar o recolocar obstáculos individuales tales como postes de kilometraje, señales, monumentos y otros. Cuando ellos no se deban remover, el Constructor deberá tener especial cuidado, a efecto de protegerlos contra cualquier daño y proporcionar e instalar las defensas apropiadas que se indiquen en los documentos citados o sean autorizadas por el Interventor.

201.4.7 Remoción de ductos de servicios existentes

El Constructor deberá retirar, cambiar, restaurar o proteger contra cualquier daño, las conducciones de servicios públicos o privados existentes según se contemple en los planos del proyecto o las especificaciones particulares.

Ningún retiro, cambio o restauración se deberá efectuar sin la autorización escrita de la entidad afectada y se deberán seguir las indicaciones de ésta con especial cuidado y tomando todas las precauciones necesarias para que el servicio no se interrumpa o, si ello es inevitable, reduciendo la interrupción al mínimo tiempo necesario para realizar el trabajo, a efecto de causar las menores molestias a los usuarios.

Cuando el trabajo consista en protección, el Constructor deberá proporcionar e instalar las defensas apropiadas que se indiquen en los planos o en las especificaciones particulares o que sean autorizadas por el Interventor.

Cuando la entidad afectada estime que debido al estado en el cual se encuentra el ducto, resulta imposible obtener partes recuperables del mismo, el Constructor procederá a su demolición.

201.4.8 Traslado de postes y torres

Cuando los documentos del proyecto lo prevean y su traslado esté debidamente aprobado por la entidad propietaria o concesionaria de servicios públicos, el Constructor procederá a ejecutar la remoción, traslado y reinstalación o disposición de postes y torres de servicio eléctrico, telefónico y otros existentes que no sean removidos o trasladados directamente por la entidad de servicios públicos propietaria o concesionaria de los mismos. El Constructor deberá gestionar todos los permisos para la ejecución de esta labor ante la entidad competente.

Esta actividad incluye, también, la demolición de los soportes de dichos elementos que se conviertan en obstáculos para las obras del proyecto, así como la remoción, transporte y disposición, en sitios de desecho definidos en el proyecto o autorizados por el Interventor, de todos los postes y elementos de los mismos que no sean reutilizables.

El Constructor deberá solicitar al propietario o concesionario correspondiente la realización de las modificaciones necesarias de las redes con la debida anticipación. Los traslados de las redes serán ejecutados directamente por el propietario o por el concesionario de la instalación o por quien él autorice de manera expresa.

201.4.9 Remoción de rieles

Cuando los documentos del proyecto lo prevean y su remoción esté debidamente aprobada por la entidad afectada, el Constructor deberá retirar los rieles en la longitud autorizada, trasladarlos y depositarlos en el sitio que ordene dicha entidad.

201.4.10 Remoción de defensas metálicas y barreras de seguridad de hormigón

Antes de iniciar obras en un sector de vía que se encuentre en servicio, se deberán retirar todas las defensas metálicas y barreras de seguridad existentes en las áreas afectadas.

La remoción de estos elementos se deberá realizar empleando procedimientos que eviten todo daño innecesario o no previsto. Las defensas se deberán desarmar cuidadosamente y, a continuación, el Constructor procederá a excavar alrededor de los postes que las sustentaban, de manera de poder retirarlos sin producirles ningún daño.

Si el proyecto contempla la rehabilitación y reinstalación de los elementos retirados, será de responsabilidad del Constructor su traslado, almacenamiento, limpieza y cuidado hasta el momento de su nueva reinstalación, actividades cuyo costo se deberá encontrar incluido dentro del precio unitario de esta partida de trabajo. Si la reinstalación no está prevista, el Constructor deberá trasladar y almacenar los elementos donde lo señalen los documentos del proyecto o el Interventor.

Todos los orificios dejados por las remociones que no vayan a ser ocupados por las obras del proyecto deberán ser rellenados por el Constructor, con un material igual al circundante.

201.4.11 Disposición de los materiales

A juicio del Interventor y de acuerdo con sus instrucciones al respecto, los materiales de las edificaciones o estructuras demolidas, que sean aptos y necesarios para rellenar y emparejar la zona de demolición u otras zonas

laterales del proyecto, se deberán utilizar para ese fin. Salvo que los documentos del proyecto contemplen lo contrario, todos los demás materiales provenientes de estructuras demolidas quedarán de propiedad del Constructor, quien deberá trasladarlos o disponerlos fuera de la zona de la vía, en un lapso no mayor a 24 horas después de efectuada la demolición, con procedimientos adecuados y en los sitios aprobados por el Interventor.

Los elementos que deban ser almacenados según lo establezcan los planos o las especificaciones particulares, se trasladarán al sitio establecido en ellos y se dispondrán de la manera que resulte apropiada para el Interventor.

Los elementos que deban ser relocalizados se deberán trasladar al sitio de nueva ubicación que indiquen los planos, donde se montarán de manera que se garantice su correcto funcionamiento.

201.4.12 Limitaciones en la ejecución

Los trabajos de demolición y remoción se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

201.4.13 Manejo ambiental

Todas las labores de demolición, remoción y disposición de materiales se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales.

201.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

201.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Comprobar el estado y funcionamiento del equipo empleado en la ejecución de los trabajos;
- Verificar la eficiencia y la seguridad de los procedimientos de ejecución de los trabajos;
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo;

El Interventor verificará que el Constructor disponga de todos los permisos requeridos.

El Interventor identificará todos los elementos que deban ser demolidos o removidos; así mismo, señalará los elementos que deban permanecer en el sitio y ordenará las medidas para evitar que ellos sean dañados.

El Interventor medirá, para efectos de pago, el trabajo ejecutado por el Constructor de acuerdo con la presente especificación.

201.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

El Interventor considerará terminados los trabajos de demolición y remoción cuando la zona donde ellos se hayan realizado quede despejada, de manera que permita continuar con las otras actividades programadas, y los materiales sobrantes hayan sido adecuadamente dispuestos de acuerdo con lo que establece la presente especificación.

En general, en caso de que por el uso de procedimientos inadecuados resultara dañado o removido cualquier elemento que no esté contemplado en el proyecto, será de cargo y costo del Constructor la reposición de éste a entera satisfacción del Interventor.

201.6 MEDIDA

La medida para la demolición y remoción, ejecutada de acuerdo con los planos, la presente especificación, y las instrucciones del Interventor, se hará de acuerdo con las siguientes modalidades:

- a) Global (gl), en cuyo caso no se harán mediciones;

- b) Por unidad completa (u), cuando se trate de demolición de obstáculos, edificaciones, puentes, alcantarillas y otras estructuras o remoción de estructuras metálicas, especies vegetales, obstáculos, postes y torres;
- c) Por kilogramo (kg) aproximado al entero, en cuanto se trate del desmontaje y traslado de estructuras metálicas;
- d) Por metro cúbico (m^3), aproximado al entero, en el caso de demolición de estructuras, cuando su tipo permita la cuantificación en esa unidad;
- e) Por metro cuadrado (m^2), aproximado al entero, en el caso de demolición de pavimentos rígidos, andenes de concreto y pisos. En este caso, la medida de la estructura se efectuará antes de destruirla;
- f) Por metro lineal (m), aproximado al entero, cuando se trate de la demolición de bordillos y del retiro de estructuras tales como alcantarillas, cercas de alambre, ductos de servicios existentes, defensas metálicas, barreras de seguridad, rieles y otros obstáculos que sean susceptibles de ser medidos por su longitud.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

201.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará a los precios unitarios respectivos, estipulados en el contrato según la unidad de medida, por todo trabajo ejecutado satisfactoriamente de acuerdo con la presente especificación y aceptado por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de mano de obra, explosivos, asesoría, equipo, herramientas, materiales, apuntalamientos, andamios, obras para la protección de terceros; las operaciones necesarias para efectuar las demoliciones y para hacer los desmontajes, planos, separación de materiales aprovechables, cargue y transporte de éstos al lugar de depósito, descargue y almacenamiento; remoción de especies vegetales; traslado y reinstalación de obstáculos y cercas de alambre; traslado, cambio, restauración o demolición de conducciones de servicios existentes; cargue de materiales desechables, transporte y descargue en el sitio de disposición final, de acuerdo con lo señalado por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir, además, la protección de aquellos elementos que, aunque se encuentren en la zona de los trabajos, no deban ser removidos.

La reinstalación de estructuras metálicas y tubos de alcantarillas no se encuentran cubiertas por el presente Artículo.

El precio unitario del traslado de postes o torres deberá incluir los costos de las gestiones ante los propietarios o concesionarios de las redes de servicios correspondientes.

El Constructor deberá considerar, en relación con los explosivos, todos los costos que implican su adquisición, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control, hasta el sitio de utilización. En los casos en que no se autorice el uso de explosivos el precio unitario deberá considerar el suministro y aplicación de los productos alternativos.

El precio unitario deberá incluir, además, los costos por concepto de la excavación para la demolición y remoción y por el suministro, conformación y compactación del material para relleno de todas las cavidades resultantes; la señalización temporal requerida y, en general, todos los costos relacionados con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá cubrir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

201.8 ÍTEM DE PAGO

201.1	Demolición de edificaciones	Global (gl)
201.2	Demolición de estructuras	Global (gl)
201.3	Demolición de pavimentos rígidos, pisos, andenes y bordillos de concreto	Global (gl)
201.4	Demolición de obstáculos	Global (gl)
201.5	Demolición de edificaciones	Unidad (u)
201.6	Demolición de estructuras	Unidad (u)
201.7	Demolición de estructuras	Metro cúbico (m ³)
201.8	Demolición de pavimentos rígidos	Metro cuadrado (m ²)
201.9	Demolición de pisos y andenes de concreto	Metro cuadrado (m ²)
201.10	Demolición de bordillos de concreto	Metro lineal (m)

201.11	Desmontaje y traslado de estructuras metálicas	Kilogramo (kg)
201.12	Remoción de especies vegetales	Unidad (u)
201.13	Remoción de obstáculos (Se deberá hacer un ítem de pago para cada tipo de obstáculo)	Unidad (u)
201.14	Remoción de ductos de servicios existentes	Metro lineal (m)
201.15	Remoción de alcantarillas	Metro lineal (m)
201.16	Remoción de cercas de alambre	Metro lineal (m)
201.17	Traslado de postes	Unidad (u)
201.18	Traslado de torres	Unidad (u)
201.19	Remoción de rieles	Metro lineal (m)
201.20	Remoción de defensas metálicas	Metro lineal (m)
201.21	Remoción de barreras de seguridad	Metro lineal (m)

TRASPLANTE DE ÁRBOLES

ARTÍCULO 203 – 13

203.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la remoción de árboles del sitio en que están arraigados, su traslado y su plantación en otro sitio, de acuerdo con lo indicado en los documentos del proyecto o lo determinado por el Interventor. El trabajo incluye la conservación de los árboles trasplantados, hasta el recibo definitivo de los trabajos.

Para efectos de esta especificación, se establecen 4 denominaciones por tipo de árbol en función de sus dimensiones, como se indica en la Tabla 203 - 1.

Tabla 203 - 1. Tipos de árbol para su trasplante en función de su tamaño

DENOMINACIÓN	ALTURA, m	DIÁMETRO DE COPA, m
1 – Árbol tipo I	> 20.0	> 10.0
2 - Árbol tipo II	10.1 a 20.0	5.1 a 10.0
3 - Árbol tipo III	5.0 a 10.0	2.0 a 5.0
4 - Árbol tipo IV	< 5.0	< 2

Si la denominación por altura resulta diferente a la denominación por diámetro de copa, aplicará la menor denominación de las dos.

Así mismo, se establecen 3 tipos de traslados en función de la distancia de movilización, como se indica en la Tabla 203 - 2.

Tabla 203 - 2. Tipos de traslado para trasplante de árboles en función de la distancia

TIPO DE TRASLADO	DISTANCIA DE TRASLADO, m
Traslado corto	≤ 15.0
Traslado largo	15.1 a 100.0
Traslado especial	> 100.1

203.2 MATERIALES

203.2.1 Material para relleno de las excavaciones

203.2.1.1 Excavación resultante de la remoción del árbol

El material para relleno de la excavación resultante de la remoción del árbol será el especificado en los documentos del proyecto; si los documentos del proyecto no lo especifican, deberá cumplir con los requisitos de suelos tolerables, según el Artículo 220, "Terraplenes".

203.2.1.2 Excavación en el nuevo sitio de la plantación del árbol

El material para el relleno de las excavaciones realizadas para el trasplante de árboles será el indicado en los documentos del proyecto; podrá ser el material de excavación, tierra orgánica suministrada para tal fin, o una mezcla de ambos. En cualquiera de los casos, los documentos pueden indicar la necesidad de añadir fertilizantes, abonos (humus de lombriz de tierra, cascarilla de arroz u otros), insecticidas u otros componentes al material de relleno.

La tierra orgánica deberá provenir de áreas localizadas fuera del proyecto o, preferiblemente, del descapote del proyecto. Consistirá en un suelo de origen superficial, con contenido orgánico, libre de piedras, ramas, restos vegetales de gran calibre, escombros, desperdicios no degradables y cualquier otro elemento extraño y nocivo para los fines de la plantación de árboles trasladados.

203.2.2 Fertilizantes, abonos e insecticidas

Se deberán emplear los fertilizantes, abonos e insecticidas adecuados para cada especie vegetal, según lo establezcan los documentos técnicos del proyecto. Los fertilizantes pueden ser órgano-minerales o minerales, y deberán aportar los macro nutrientes y micro nutrientes esenciales para un buen establecimiento y óptimo desarrollo de los individuos.

203.2.3 Cicatrizantes

Se deberán emplear los cicatrizantes hormonales indicados en los documentos técnicos del proyecto; en general, los cicatrizantes deberán

tener como base un fungicida que sea impermeable al agua y permeable al aire.

203.2.4 Tutores y cercos

Los tutores y cercos que se requieran deberán cumplir con los requisitos establecidos en los documentos del proyecto.

203.2.5 Otros insumos

Se podrán requerir otros insumos como hormonas para enraizar, hidro-retenedores, etc. que deben cumplir con los requerimientos establecidos en los documentos del proyecto.

203.2.6 Agua para riego

El agua deberá estar limpia, sin elementos extraños ni suciedad evidente, y deberá estar libre de contaminaciones químicas. No es necesario que el agua sea potable.

203.3 EQUIPO

El Constructor deberá disponer de los equipos y herramientas necesarios para asegurar que los trabajos de trasplante de árboles tengan la calidad y la seguridad requeridas y se garantice el cumplimiento de su programa de ejecución.

Dependiendo del tamaño del árbol y de las condiciones del traslado, se podrán requerir equipos para manejo de alturas, camiones grúa, cama baja motorizada y vehículos escolta para el transporte, entre otros.

El Constructor deberá disponer de herramientas como escaleras, tijeras de podar, serruchos, motosierra si es el caso, palas, picas, rastrillos, azadones, horcas, ganchos para formar surcos, y todos los demás elementos que sean necesarios para ejecutar correctamente los trabajos especificados.

203.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

203.4.1 Aspectos generales

La ejecución de los trabajos de trasplante de árboles se hará siguiendo las indicaciones y procedimientos definidos de los documentos del proyecto

y aprobados del plan de ejecución, teniendo en cuenta los lineamientos establecidos en la Guía de Manejo Ambiental del Proyectos de Infraestructura – Sector Vial, del Instituto Nacional de Vías, y por entidades especializadas como el Jardín Botánico de Bogotá.

203.4.2 Supervisión técnica

Para la planeación y dirección de los trabajos de trasplante de árboles, el Constructor deberá tener dentro de su equipo un profesional del área forestal con experiencia en este tipo de trabajos.

El plan de ejecución de trasplante de árboles y todos los informes de seguimiento de estos trabajos deberán ser firmados por este profesional, junto con el director de obra.

203.4.3 Planeación y seguimiento

Antes de iniciar los trabajos de trasplante, el Constructor deberá presentar el plan de ejecución de los trabajos. Este plan de ejecución deberá incluir, como mínimo, lo siguiente:

- Antecedentes;
- Justificación;
- Localización;
- Inventario de árboles por trasplantar;
- Cronograma de actividades;
- Aspectos técnicos y procedimiento detallado de la ejecución del trabajo;
- Maquinaria especializada, si es el caso;
- Herramientas;
- Insumos.

El plan de ejecución deberá contar con la aprobación del Interventor y de la autoridad ambiental antes de iniciar los trabajos de trasplante de árboles.

El plan de ejecución deberá incluir el plan de establecimiento y mantenimiento. Este plan debe estar hecho en general para un tiempo mínimo de 3 años, si los documentos del proyecto no disponen algo diferente.

También, deberá incluir un sistema de evaluación y seguimiento que permita verificar el desarrollo de la actividad en cada una de las fases: preparación, movilización y establecimiento.

Se deberán realizar visitas que, en lo posible, cuenten con la participación de la autoridad ambiental competente; el Constructor deberá elaborar informes de estas visitas que incluyan fichas de seguimiento con el respectivo registro fotográfico. A no ser que los documentos del proyecto indiquen otra cosa, los informes serán bimestrales durante el primer año, o hasta la terminación del proyecto (lo que ocurra primero); cuando el tiempo transcurrido a partir del trasplante del último árbol del proyecto sea mayor de un año y el proyecto esté todavía en ejecución, los informes de seguimiento podrán ser semestrales. En estos informes se deberá evaluar la adaptación de los árboles trasplantados para tomar las acciones preventivas y/o de control para garantizar su supervivencia, si se requiere.

A la terminación del proyecto, el Constructor deberá presentar un informe final de la actividad de trasplante de árboles. El informe debe incluir la versión final de las fichas de seguimiento; la ficha de cada individuo debe indicar el tiempo transcurrido desde el momento de su plantación y el estado de avance en que se encuentra, en el momento de la entrega final, el plan de mantenimiento establecido para el proyecto.

203.4.4 Remoción

Antes de remover un árbol, se requiere normalmente efectuar una poda de sus ramas, la cual se hará según lo dispuesto en el numeral 802.4.4 del Artículo 802 “Poda de Árboles”.

Posteriormente, se deberá excavar alrededor del tronco para conformar un bloque firme de raíces y tierra que se removerá con el árbol; la excavación irá acompañada del corte de las raíces que se van encontrando.

El tamaño del bloque dependerá de las dimensiones del sistema de raíces. La excavación del bloque y corte de las raíces se deberá hacer de manera

que no se presente un desgarramiento de las raíces ni se deshaga el bloque; se deberá aplicar un cicatrizante a las raíces que se cortan.

Una vez conformado el bloque y antes de iniciar el retiro del árbol, el bloque de raíces y tierra se deberá envolver en una tela de fique u otro material biodegradable aprobado; la tela se deberá amarrar firmemente para mantener la integridad del bloque.

Para retirar el árbol, se deberán amarrar firmemente el tronco y el bloque de raíces y tierra al equipo con que se va a izar. Se deberá proteger el tronco del árbol en el sitio de amarre para la izada, con el fin de prevenir daños en el mismo.

Una vez sujeto el árbol al equipo, éste se deberá inclinar suavemente de lado a lado para romper las raíces que aún lo sujetan a la tierra.

La izada se deberá realizar lentamente; a medida que el bloque va saliendo del terreno, se deberá ir completando su envoltura con la tela biodegradable en la parte inferior.

Una vez retirado el árbol, se deberá rellenar el hueco resultante en el terreno con el material indicado en el numeral 203.2.1.1, y se compactará hasta obtener la densidad especificada en los documentos del proyecto; si los documentos del proyecto no especifican la densidad mínima, la compactación se llevará hasta alcanzar una densidad no inferior al 90% de la densidad máxima correspondiente al ensayo de compactación normal, norma INV E-141.

203.4.5 Traslado

Si la distancia es corta, el traslado se podrá efectuar con la misma máquina de izaje; en caso contrario, el traslado se deberá efectuar en volqueta, cama-baja u otro equipo adecuado. Durante el traslado, el árbol se deberá sujetar adecuadamente para evitar su deterioro.

Para poder iniciar la izada y traslado del árbol, se deberá tener lista la excavación en el sitio donde será plantado.

203.4.6 Plantación

La excavación para la plantación del árbol deberá tener el tamaño adecuado para alojar el bloque de raíces y tierra. En general, la excavación deberá tener las dimensiones mínimas indicadas en la Tabla 203 - 3, salvo que los documentos del proyecto indiquen otra cosa.

Tabla 203 - 3. Tamaño mínimo de la excavación para trasplante de árboles

CARACTERÍSTICAS DEL ÁRBOL	DIÁMETRO, EN EXCESO DEL DIÁMETRO DEL BLOQUE	PROFUNDIDAD, EN EXCESO DE LA PROFUNDIDAD DEL BLOQUE
Altura		
- Hasta 1.5m	-	0.20 m
- Más de 1.5m		0.30 m
Diámetro del bloque		
- Hasta 1.0m	0.50 m	-
- Más de 1.0m	50% más que el diámetro del bloque	

En todo caso, las dimensiones de la excavación serán las necesarias para permitir la colocación adecuada del árbol; el suelo que queda en el fondo y a los lados de la excavación deberá ser aflojado en un espesor de 15 cm antes de colocar el árbol.

El perímetro del bloque se deberá rellenar con tierra preparada con abono orgánico, la cual se compactará levemente.

El árbol plantado deberá quedar estable y en posición vertical; su nivel con respecto al terreno debe ser igual al que tenía en su posición original. Si es necesario se deberán colocar estacas y elementos de sujeción temporal para corregir y mantener la posición adecuada del árbol.

203.4.7 Fertilización

Se deberá considerar al menos una fertilización principal y una de mantenimiento. La fertilización principal se realizará junto con la plantación del árbol. Los materiales y dosificaciones se señalarán en los documentos del proyecto.

Los niveles anteriores serán considerados como mínimos. Las fertilizaciones se podrán realizar en conjunto con los riegos de agua a las protecciones instaladas.

203.4.8 Riego y conservación

El riego se aplicará a partir del día siguiente de la plantación y no habrá límite en cuanto a su frecuencia. De preferencia, se regará temprano en la mañana y al atardecer.

La frecuencia de los riegos dependerá tanto de las condiciones climáticas como de las especies sembradas y deberá ser suficiente para asegurar, junto con las fertilizaciones, que durante todo el proceso se presenten los niveles adecuados de desarrollo de los árboles.

Adicionalmente, se requerirá de poda en caso que la vegetación sobrepase la corona de la vía, obstruya algún dispositivo de drenaje o impida una adecuada visibilidad en la vía. Esta actividad se realizará siempre que sea necesario, a juicio del Interventor, y en forma permanente hasta el recibo definitivo de los trabajos.

203.4.9 Limitaciones en la ejecución

Los trabajos se deberán realizar en condiciones de luz solar.

203.4.10 Manejo ambiental

Todas las determinaciones referentes a los trabajos de trasplante de árboles deberán ser tomadas considerando la protección del medio ambiente y las disposiciones vigentes sobre el particular.

203.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

203.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar que los árboles por trasplantar correspondan al inventario respectivo y que la localización final de plantación sea la especificada;
- Comprobar que los materiales cumplan los requisitos de calidad exigidos en el numeral 203.2;
- Vigilar que el Constructor cumpla con el plan de establecimiento y mantenimiento aprobados hasta la terminación del proyecto;
- Evaluar periódicamente el porcentaje de prendimiento y tomar las acciones preventivas y/o de control para garantizar la supervivencia de los individuos;

- Verificar el cumplimiento de todas las medidas ambientales y de seguridad requeridas;
- Vigilar que el Constructor efectúe la conservación adecuada de los árboles sembrados, hasta su recibo definitivo.

El Interventor verificará que el Constructor disponga de todos los permisos requeridos.

El Interventor medirá, para efectos de pago, el trabajo ejecutado por el Constructor de acuerdo con la presente especificación.

203.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Los trabajos de trasplante de árboles serán recibidos si los árboles han prendido adecuadamente, si se ha realizado de forma apropiada el plan de ejecución aprobado, si los insumos empleados cumplen los requisitos de calidad correspondientes y si el área de plantación se encuentra bien mantenida y libre del material sobrante.

En caso necesario, el Constructor deberá presentar al Interventor la certificación expedida por parte de la autoridad ambiental competente, que acredite el cumplimiento de la obligación que hubiere impuesto para la plantación de árboles en el proyecto.

203.6 MEDIDA

La unidad de medida del trasplante de árboles será la unidad (un) de árbol trasplantado de acuerdo con los documentos del proyecto y las indicaciones del Interventor, a plena satisfacción de éste.

203.7 FORMA DE PAGO

El pago del trasplante de árboles se hará al respectivo precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado de acuerdo con esta especificación y aceptado a satisfacción por el Interventor. A no ser que los documentos del contrato indiquen otra cosa, el pago se hará de la siguiente manera para cada árbol trasplantado:

- El 50% del precio unitario se pagará cuando el árbol haya sido plantado en su ubicación final;
- El 50% restante del precio unitario se pagará después de la inspección final para recibo definitivo del proyecto.

El precio unitario deberá incluir todos los costos de preparación del terreno; el suministro en el lugar y la colocación de todos los materiales requeridos; la poda previa; la excavación, el retiro del árbol de su sitio original y el relleno de la excavación resultante; la excavación (ahoyado) en el nuevo sitio de plantación; el traslado; la plantación; el relleno de la excavación; los tutores y cercos; el riego y poda periódicos de los árboles trasplantados, si se requiere; el suministro y aplicación de tierra, fertilizantes, insecticidas y demás materiales requeridos para la conservación de los árboles hasta su recibo definitivo; los desperdicios y el manejo adecuado de ellos y, en general, todo costo adicional relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

203.8 ÍTEM DE PAGO

203.1	Trasplante de árboles tipo I, traslado corto	Unidad (u)
203.2	Trasplante de árboles tipo I, traslado largo	Unidad (u)
203.3	Trasplante de árboles tipo I, traslado especial	Unidad (u)
203.4	Trasplante de árboles tipo II, traslado corto	Unidad (u)
203.5	Trasplante de árboles tipo II, traslado largo	Unidad (u)
203.6	Trasplante de árboles tipo II, traslado especial	Unidad (u)
203.7	Trasplante de árboles tipo III, traslado corto	Unidad (u)
203.8	Trasplante de árboles tipo III, traslado largo	Unidad (u)
203.9	Trasplante de árboles tipo III, traslado especial	Unidad (u)
203.10	Trasplante de árboles tipo IV, traslado corto	Unidad (u)
203.11	Trasplante de árboles tipo IV, traslado largo	Unidad (u)
203.12	Trasplante de árboles tipo IV, traslado especial	Unidad (u)

EXCAVACIÓN DE LA EXPLANACIÓN, CANALES Y PRÉSTAMOS

ARTÍCULO 210 – 13

210.1 DESCRIPCIÓN

210.1.1 Generalidades

Este trabajo consiste en el conjunto de las actividades de excavar, remover, cargar, transportar hasta el límite de acarreo libre y colocar en los sitios de disposición o desecho, los materiales provenientes de los cortes requeridos para la explanación, canales y préstamos, indicados en los planos y secciones transversales del proyecto, con las modificaciones que ordene el Interventor.

Comprende, además, la excavación y remoción de la capa vegetal o descapote y de otros materiales blandos, orgánicos y objetables, en las áreas donde se hayan de realizar las excavaciones de la explanación y terraplenes.

210.1.2 Definiciones

210.1.2.1 Excavación de la explanación

El trabajo comprende el conjunto de actividades de excavación y nivelación de las zonas donde ha de fundarse la carretera, incluyendo taludes y cunetas; así como la escarificación, conformación y compactación de la subrasante en corte.

Incluye, además, las excavaciones necesarias para el ensanche o modificación del alineamiento horizontal o vertical de calzadas existentes.

210.1.2.2 Excavación de canales

El trabajo comprende las excavaciones necesarias para la construcción de canales, zanjas interceptoras y acequias, así como el mejoramiento de obras similares existentes y de cauces naturales.

210.1.2.3 Excavación en zonas de préstamo

El trabajo comprende el conjunto de las actividades para explotar los materiales adicionales a los volúmenes provenientes de la excavación de la explanación, requeridos para la construcción de los terraplenes o pedraplenes.

210.1.3 Clasificación**210.1.3.1 Excavación sin clasificar**

Se refiere a los trabajos de excavación de cualquier material sin importar su naturaleza.

210.1.3.2 Excavación clasificada**210.1.3.2.1 Excavación en roca**

Comprende la excavación de masas de rocas fuertemente litificadas que, debido a su buena cementación o alta consolidación, requieren el empleo sistemático de explosivos.

Comprende, también, la excavación de bloques con volumen individual mayor de un metro cúbico (1 m³), procedentes de macizos alterados o de masas transportadas o acumuladas por acción natural, que para su fragmentación requieran el uso de explosivos.

Se aceptará como criterio para determinar el horizonte de roca cuando la dureza y el fracturamiento no permitan efectuar faenas de remoción con equipos mecánicos. Esta dificultad se determinará directamente cuando una máquina del tipo bulldozer con una potencia mínima de 410 HP y peso mínimo de 48.500 kg o una retroexcavadora con una potencia mínima de 217 HP y peso mínimo de 30.200 kg, empleadas a su máxima potencia sean incapaces de remover el material. La utilización de uno u otro equipo dependerá del espacio disponible para operar y de la forma de la superficie de la roca,

prefiriéndose siempre el bulldozer. La operación será efectuada por los dientes de la retroexcavadora o el ripper del bulldozer en presencia del Interventor. Una vez comprobado por las partes lo expuesto, se procederá a dejar constancia de la situación en el Libro de Obra.

210.1.3.2.2 Excavación en material común

Comprende la excavación de materiales no cubiertos por el numeral anterior, 210.1.3.2.1, Excavación en roca.

210.1.3.2.3 Método alternativo para determinar el tipo de material excavado

Como alternativa de clasificación se podrá recurrir a mediciones de velocidad de propagación del sonido, practicadas sobre el material en las condiciones naturales en que se encuentre, y se considerará material común aquel en que dicha velocidad sea menor a dos mil metros por segundo (2.000 m/s) y roca, cuando sea igual o superior a este valor.

210.2 MATERIALES

210.2.1 Utilización de materiales provenientes de la excavación de la explanación y de canales

Todos los materiales provenientes de las excavaciones que sean utilizables y, según los planos y especificaciones o a juicio del Interventor, necesarios para la construcción o protección de terraplenes, pedraplenes u otras partes de las obras proyectadas, se deberán utilizar en ellos. El Constructor no podrá disponer de los materiales provenientes de las excavaciones ni retirarlos para fines distintos a los del contrato, sin autorización previa del Interventor.

Los materiales provenientes de la excavación que presenten características adecuadas para uso en la construcción de la obra, serán reservados para colocarlos posteriormente. Su disposición provisional se hará en los sitios aprobados previamente para tal fin por el Interventor.

Los materiales provenientes del descapote se deberán almacenar para su uso posterior en sitios accesibles y de manera aceptable para el Interventor; estos materiales se deberán usar preferentemente para el recubrimiento de los taludes de los terraplenes terminados.

210.2.2 Materiales de zonas de préstamo

Los materiales adicionales que se requieran para las obras, se extraerán de las zonas de préstamo aprobadas por el Interventor y deberán cumplir con las características establecidas en las especificaciones correspondientes.

210.3 EQUIPO

El Constructor propondrá, para consideración del Interventor, los equipos más adecuados para las operaciones por realizar, de acuerdo con el tipo de material por excavar, los cuales no deberán producir daños innecesarios ni a construcciones ni a cultivos; y garantizarán el avance físico de ejecución, según el programa de trabajo, que permita el desarrollo de las etapas constructivas siguientes.

El Constructor podrá utilizar cualquier tipo de equipo apropiado para la realización de las excavaciones incluyendo tractores con tapadora y desgarradora, motoniveladora, trailla y palas de empuje o arrastre, cargador y vehículos de transporte.

210.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

210.4.1 Excavación de la explanación

210.4.1.1 Generalidades

La excavación de la explanación se deberá ejecutar de acuerdo con las secciones transversales del proyecto o las modificadas por el Interventor.

Los procedimientos constructivos que implemente el Constructor deben contemplar las medidas necesarias para preservar las condiciones de drenaje y la resistencia y la estabilidad del terreno no excavado. Los taludes

provisionales deben ser definidos en esos procedimientos por un ingeniero geotecnista.

El Constructor deberá adoptar las medidas necesarias para evitar fenómenos como inestabilidad de taludes en roca o de bloques de la misma, debida a voladuras inadecuadas o deslizamientos ocasionados por el descalce del pie de la excavación.

Las obras de excavación deberán avanzar en forma coordinada con las obras de contención y drenaje del proyecto, tales como muros, alcantarillas, desagües y descoles de cunetas y construcción de filtros. Además, se debe garantizar el correcto funcionamiento del drenaje y controlar fenómenos de erosión e inestabilidad.

La secuencia de todas las operaciones de excavación debe ser tal, que asegure la utilización de todos los materiales aptos y necesarios para la construcción de las obras señaladas en los planos del proyecto o indicadas por el Interventor.

Cualquier daño no previsto a una estructura o construcción existente causado por la ejecución de los trabajos de excavación deberá ser asumido por el Constructor, quién deberá reponer el bien a entera satisfacción de su propietario sin costo para el INVÍAS.

En la construcción de terraplenes sobre terreno inclinado o a media ladera, el talud de la superficie existente se deberá cortar en forma escalonada de acuerdo con los planos o las instrucciones del Interventor.

Las cunetas y bermas se deberán construir de acuerdo con las secciones, pendientes transversales y cotas especificadas en los planos o modificadas por el Interventor. Todo daño posterior a la ejecución de estas obras, causado por negligencia del Constructor, deberá ser subsanado por éste, sin ninguna erogación por parte del Instituto Nacional de Vías.

210.4.1.2 Actividades previas

Antes de iniciar las excavaciones se deben haber completado y aprobado los trabajos de localización, desmonte, limpieza y demoliciones, así como los de remoción de especies vegetales, cercas de alambre y demás obstáculos que afecten la ejecución de las obras del proyecto.

210.4.1.3 Drenaje de las excavaciones

El Constructor deberá tomar todas las medidas indispensables para mantener drenadas las excavaciones y demás áreas de trabajo. Se instalarán drenes o zanjas temporales, para interceptar el agua que pudiera afectar la ejecución del trabajo y se utilizarán los equipos necesarios para realizar un control efectivo de la misma.

Será responsabilidad del Constructor todo deterioro que se ocasione en los materiales de la excavación debido a deficiencias en el sistema de drenaje implementado. En este caso, correrán por su cuenta las medidas correctivas que tenga que ejecutar para subsanar el deterioro causado en los mismos, sin costo adicional para el INVÍAS.

Antes de iniciar los trabajos de excavación, el Constructor deberá presentar para aprobación por parte del Interventor el plan de drenaje temporal que piensa implementar para evitar que el agua se apoce y deteriore los materiales expuestos, en especial la subrasante del proyecto.

En todo momento, la superficie de la excavación debe tener pendientes transversales y longitudinales que garanticen el correcto drenaje superficial hacia los elementos de drenaje temporal o definitivo. No debe haber depresiones ni hundimientos que afecten el normal escurrimiento de las aguas superficiales, ni encharcamientos debidos a un drenaje defectuoso de las obras o taludes provisionales excesivos.

Cuando el diseño de los taludes contemple la construcción de bermas o terrazas intermedias, éstas se deberán conformar con pendiente hacia el interior del talud a una cuneta que debe recoger y encauzar las aguas superficiales.

210.4.1.4 Manejo de la subrasante

210.4.1.4.1 Protección de la subrasante

El Constructor deberá proteger la subrasante en todo momento para evitar su deterioro. Será responsabilidad del Constructor todo deterioro que se ocasione en la subrasante debido a la falta de implementación de los sistemas adecuados de protección. En este caso, correrán por su cuenta y a su costa las medidas correctivas que tenga que ejecutar para subsanar el deterioro causado en la misma.

En especial, deberá llevar a cabo las labores de construcción teniendo en cuenta los siguientes factores, adicionales al tema del drenaje mencionado en el numeral 210.4.1.3.

210.4.1.4.1.1 Circulación sobre la subrasante

El Constructor deberá organizar todos sus trabajos, en especial las labores de excavación, cargue del material excavado y descargue del material por colocar sobre la subrasante, de manera que los equipos no circulen directamente sobre la subrasante y la deterioren. Se exceptúan los casos en que la subrasante esté constituida por materiales que soporten el tráfico de construcción sin deteriorarse; se podrá tomar como guía para calificar el impacto adverso del tráfico temporal sobre la subrasante la presencia de acolchonamientos mayores que 20 mm (deformaciones ante el paso de los vehículos que se pueden observar a simple vista y que se recuperan en todo o en parte cuando el vehículo se aleja), o la ocurrencia de ahuellamientos mayores que 25 mm (deformaciones permanentes en forma de surcos longitudinales que no se recuperan al alejarse los vehículos).

210.4.1.4.1.2 Pérdida de humedad en la subrasante

Con el fin de evitar el fisuramiento o la activación de procesos de cambios volumétricos en las subrasantes arcillosas, no se debe permitir que éstas pierdan su humedad natural, salvo en casos específicos en que esta pérdida de humedad se requiera para la adecuada compactación de la misma; por lo tanto, el Constructor deberá tomar las medidas necesarias para prevenir esta pérdida de humedad.

210.4.1.4.2 Compactación de la subrasante**210.4.1.4.2.1 Necesidad de compactar la subrasante**

En general, siempre se requiere compactar la subrasante en corte, bien sea que ésta vaya a servir de apoyo a un terraplén o relleno, o a la estructura misma del pavimento. Sin embargo, en algunas ocasiones los documentos del proyecto pueden indicar expresamente que la subrasante no requiere compactación.

En otras ocasiones, los documentos del proyecto pueden prohibir la compactación de la subrasante.

Cuando la subrasante natural sirve directamente como apoyo de la estructura del pavimento, ésta requiere de su compactación en un espesor no menor de 15 cm. Por lo tanto, si los documentos técnicos del proyecto indican que la subrasante natural no requiere compactación o especifican que se prohíbe compactarla, el diseño debe tener previsto al menos una capa de mejoramiento compactada con espesor mínimo de 20 cm (material de aporte sin estabilizar o estabilizado, o

estabilización de la parte superior de la subrasante), para ser construida encima de la subrasante natural; si el diseño no prevé esta capa de mejoramiento sobre la subrasante sin compactar, el Interventor podrá ordenar al Constructor su construcción en el espesor que juzgue conveniente, previa excavación de un espesor igual de material de subrasante para conservar las cotas del proyecto; en este caso, tanto la excavación como la construcción de la capa de mejoramiento se pagarán según los ítems que resulten aplicables.

210.4.1.4.2.2 Procedimiento de compactación de la subrasante

Los documentos técnicos del proyecto indicarán la profundidad y el grado de compactación requeridos para la subrasante del proyecto.

Si no lo indican, el procedimiento será, como mínimo, el siguiente: al alcanzar el nivel de subrasante en la excavación, se deberá escarificar en una profundidad mínima de quince centímetros (15 cm), conformar de acuerdo con las pendientes transversales especificadas y compactar, según las exigencias de compactación definidas en el numeral 210.5.2.2 en una profundidad mínima de quince centímetros (15 cm).

En caso de presencia de suelos especiales, como cenizas volcánicas, suelos blandos, suelos expansivos o suelos orgánicos, se deberán atender las indicaciones particulares contenidas en los documentos técnicos del proyecto.

En caso de que al nivel de la subrasante se encuentren suelos expansivos y salvo que los

documentos del proyecto o el Interventor determinen lo contrario, la excavación se llevará hasta un metro por debajo del nivel proyectado de subrasante y su fondo no se compactará. Esta profundidad sobreexcavada se rellenará y conformará con material que cumpla las características definidas en el Artículo 220, "Terraplenes". Los setenta centímetros (70 cm) inferiores se rellenarán con un material apropiado para "núcleo" y los treinta centímetros (30 cm) restantes con un material idóneo para "corona".

Un suelo se considerará expansivo de acuerdo con los criterios consignados en la norma de ensayo INV E-132, "Determinación de suelos expansivos".

Si el material encontrado al nivel de subrasante posee características orgánicas, deberá ser removido hasta una profundidad de un metro o hasta que la característica orgánica cese y se escogerá la menor de las dos dimensiones. Los treinta centímetros (30 cm) superiores se rellenarán con un material apropiado para "corona" y los restantes con un material idóneo para "núcleo".

Se considerará que el material posee características orgánicas cuando el contenido de materia orgánica, en masa, supera el dos por ciento (2%) determinado según la norma INV E-121, "Determinación del contenido orgánico en suelos mediante pérdida por ignición".

210.4.1.5 Excavaciones en roca

Los procedimientos, tipos y cantidades de explosivos y equipos que el Constructor proponga utilizar, deberán estar aprobados previamente por el Interventor; así como la secuencia y disposición de las voladuras, las cuales se

deberán proyectar en tal forma que sea mínimo su efecto fuera de los taludes proyectados. El Constructor garantizará la dirección y la ejecución de las excavaciones en roca, utilizando personal que tenga amplia experiencia en trabajos similares.

La aprobación dada por el Interventor no exime al Constructor de su responsabilidad por los errores y daños que causen las voladuras.

Toda excavación en roca se deberá profundizar quince centímetros (15 cm) por debajo de las cotas de subrasante. Las áreas sobre-excavadas se deben rellenar y conformar con material seleccionado proveniente de las excavaciones, con material de relleno seleccionado o con material de subbase granular, según lo indiquen los documentos del proyecto o lo apruebe el Interventor.

Cualquier roca situada en los límites de la excavación, o fuera de ellos, que hubiese sido golpeada, aflojada, o de alguna manera dañada por las voladuras u otras causas, deberá ser removida hasta asegurarse que no queden trozos inestables. No deberán quedar depresiones que dejen zonas colgadas, aunque se presenten firmes a simple vista.

La superficie final de la excavación en roca deberá encontrarse libre de cavidades que permitan la retención de agua y tendrá, además, pendientes transversales y longitudinales que garanticen el correcto drenaje superficial.

210.4.1.6 Transiciones de corte a terraplén y viceversa

En estos sitios, la excavación se deberá ampliar hasta que el terraplén penetre en ella en toda su sección. En la transición de corte a terraplén y viceversa se deberán construir escalones, con el ancho adecuado para el correcto trabajo de los equipos de construcción, de tal forma que se eliminen totalmente eventuales planos de contacto inclinados, que constituyan riesgo de inestabilidad en el terraplén. Tales escalones se deberán construir de acuerdo con los planos del proyecto o las instrucciones del Interventor.

210.4.1.7 Ensanche o modificación del alineamiento de calzadas existentes

En los proyectos de mejoramiento de vías en donde el afirmado existente se ha de conservar, los procedimientos que utilice el Constructor deberán permitir la ejecución de los trabajos de ensanche o modificación del alineamiento, evitando la contaminación del afirmado con materiales arcillosos, orgánicos o vegetales. Los materiales excavados deberán ser cargados y transportados hasta los sitios de utilización o disposición aprobados por el Interventor.

Así mismo, el Constructor deberá garantizar el tránsito y conservar la superficie de rodadura existente.

Si el proyecto exige el ensanche del afirmado existente, las fajas laterales se excavarán hasta el nivel de subrasante, dándole a ésta, posteriormente, el tratamiento indicado en el numeral 210.4.1.4.

En las zonas de ensanche de terraplenes, el talud existente se deberá cortar en forma escalonada de acuerdo con lo que establezcan los documentos del proyecto y las indicaciones del Interventor.

210.4.1.8 Taludes

La excavación de los taludes se realizará adecuadamente para no dañar su superficie final, evitar la descompresión prematura o excesiva de su pie y contrarrestar cualquier otra causa que pueda comprometer la estabilidad de la excavación final.

Cuando sea preciso adoptar medidas especiales para la protección superficial del talud, tales como plantaciones superficiales, revestimientos, etc., bien porque estén previstas en el proyecto o porque sean ordenadas por el Interventor, estos trabajos se deberán realizar inmediatamente después de la excavación del talud.

En el caso de que los taludes presenten deterioro antes del recibo definitivo de las obras, el Constructor eliminará los materiales desprendidos o movidos y realizará urgentemente

las correcciones complementarias ordenadas por el Interventor. Si dicho deterioro es imputable a una mala ejecución de las excavaciones, el Constructor será responsable por los daños ocasionados y, por lo tanto, las correcciones se efectuarán a su costa.

210.4.2 Excavación de canales

La construcción de los canales, zanjas de drenaje, zanjas interceptoras y acequias, así como el mejoramiento de obras similares y cauces naturales se deberá efectuar de acuerdo con los alineamientos, secciones y cotas indicados en los planos o determinados por el Interventor. En general, en esta clase de obras la pendiente longitudinal no deberá ser menor de 0.25%, salvo que el Interventor dé una autorización en contrario por escrito. Las excavaciones serán iniciadas por el extremo aguas abajo de la obra.

Toda desviación de las cotas y secciones especificadas, especialmente si causa estancamiento del agua o erosión, deberá ser subsanada por el Constructor, a entera satisfacción del Interventor, y sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

210.4.3 Disposición de materiales sobrantes provenientes de la excavación

Los materiales sobrantes de la excavación deberán ser colocados de acuerdo con las instrucciones del Interventor y en zonas aprobadas por éste; se usarán de preferencia para el tendido de los taludes de terraplenes o para emparejar las zonas laterales de la vía. Se dispondrán en tal forma que no ocasionen ningún perjuicio al drenaje de la carretera o a los terrenos que ocupen, a la visibilidad en la vía ni a la estabilidad de los taludes o del terreno al lado y debajo de la carretera. Todos los materiales sobrantes se deberán extender y emparejar de tal modo que permitan el drenaje de las aguas alejándolas de la vía, sin estancamiento y sin causar erosión, y se deberán conformar para presentar una buena apariencia.

Cuando los materiales sobrantes no se puedan emplear en las obras del proyecto, se deberán transportar y disponer en vertederos conforme a lo indicado en los planos del proyecto, las especificaciones particulares o las instrucciones del Interventor y se deberá atender especialmente lo indicado en el Artículo 106, "Aspectos Ambientales".

210.4.4 Excavación en zonas de préstamo

Los materiales adicionales que se requieran para los terraplenes o rellenos del proyecto se obtendrán mediante el ensanche de las excavaciones del proyecto, si ello es posible y está autorizado, o de zonas de préstamo, previamente aprobadas por el Interventor.

En la excavación de préstamos se seguirá todo lo pertinente a los procedimientos de ejecución de las excavaciones de la explanación y canales.

210.4.5 Sobre-excavación

Se considerará como sobre-excavación, el retiro o ablandamiento de materiales, por fuera de los alineamientos o cotas indicados en los planos o aprobados especialmente por el Interventor. Las sobre- excavaciones no se pagarán y el Constructor estará obligado a ejecutar a su propia costa los rellenos necesarios por esta causa, de acuerdo con las especificaciones y la aprobación de la Interventoría.

Toda sobre-excavación que haga el Constructor, por negligencia o por conveniencia propia para la operación de sus equipos, correrá por su cuenta y el Interventor podrá suspenderla, si lo estima necesario, por razones técnicas o económicas. En estos casos, el Constructor deberá rellenar por su cuenta estas sobre-excavaciones con los materiales y procedimientos adecuados y aprobados por el Interventor de manera que se restauren las condiciones iniciales del sitio.

210.4.6 Hallazgos arqueológicos, paleontológicos y de minerales de interés comercial o científico

En caso de algún descubrimiento de ruinas prehistóricas, sitios de asentamientos indígenas o de época colonial, reliquias, fósiles, meteoritos u otros objetos de interés arqueológico, paleontológico o minerales de interés comercial o científico durante la ejecución de las obras, el Constructor tomará de inmediato medidas para suspender transitoriamente los trabajos en el sitio del descubrimiento y notificará al Interventor, quien dará aviso al Instituto Nacional de Vías y a la autoridad oficial que tenga a cargo la responsabilidad de investigar y evaluar dichos hallazgos. El Constructor, a pedido del Interventor, colaborará en su protección.

Cuando la investigación y evaluación de los hallazgos arqueológicos, paleontológicos y de minerales de interés comercial o científico retrase el avance de la obra, el Interventor deberá efectuar en conjunto con el Constructor, los ajustes pertinentes en el programa de trabajo.

210.4.7 Limpieza final

Al terminar los trabajos de excavación, el Constructor deberá limpiar y conformar las zonas laterales de la vía, las de préstamo y las de disposición de sobrantes, de acuerdo con lo que establezca el plan ambiental y las indicaciones del Interventor.

210.4.8 Referencias topográficas

Durante la ejecución de la excavación para explanación, canales y préstamos, el Constructor deberá mantener, sin alteración, todas las referencias topográficas y las marcas especiales para limitar las áreas de trabajo.

210.4.9 Limitaciones en la ejecución

Los trabajos de excavación de la explanación, canales y préstamos se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

210.4.10 Manejo ambiental

Todas las labores de excavación de la explanación, canales y préstamos se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales.

En particular, se tendrán en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Cuando se estén efectuando las excavaciones, se deberá tener cuidado para que no se presenten depresiones y hundimientos que afecten el normal escurrimiento de las aguas superficiales;
- Los materiales sobrantes de las excavaciones se deberán disponer conforme lo establece el numeral 210.4.3;
- Si está previsto el revestimiento vegetal de los taludes con material de descapote, éste se deberá efectuar inmediatamente después de culminada la excavación;
- El material de descapote de las zonas de préstamo deberá ser cuidadosamente conservado para colocarlo de nuevo sobre el área excavada, reintegrándolo al paisaje.

210.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

210.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Comprobar el estado y funcionamiento del equipo utilizado para la ejecución de los trabajos;
- Verificar la eficiencia y seguridad de los procedimientos de ejecución de los trabajos;
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo;
- Verificar el alineamiento, perfil y sección de las áreas excavadas;
- Comprobar que toda superficie para base de terraplén o subrasante mejorada quede limpia y libre de materia orgánica;
- Verificar la compactación del fondo de la excavación, cuando corresponda;

El Interventor verificará que el Constructor disponga de todos los permisos requeridos.

El Interventor medirá, para efectos de pago, el trabajo ejecutado por el Constructor de acuerdo con la presente especificación.

210.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

210.5.2.1 Acabado

El trabajo de excavación se dará por terminado cuando el alineamiento, el perfil y la sección estén de acuerdo con los planos del proyecto y las instrucciones del Interventor.

La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la excavación, no será menor que la distancia señalada en los planos o modificada por el Interventor.

La cota de cualquier punto de la subrasante conformada y terminada no deberá variar en más de tres centímetros (3 cm) con respecto a la cota proyectada, medida verticalmente hacia abajo y, en ningún caso, la cota de subrasante podrá superar la cota del proyecto.

Las cotas de fondo de las cunetas, zanjas y canales no deberán diferir en más de tres centímetros (3 cm) de las proyectadas.

210.5.2.2 Compactación de la subrasante

Para efectos de la verificación de la compactación de la subrasante que se especifica en el numeral 210.4.1.4.2, se define como "lote", que se aceptará o rechazará en conjunto, la menor área que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500 m) de subrasante compactada en su ancho total;
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de subrasante compactada;
- El área de subrasante compactada con los mismos equipos, en una jornada de trabajo.

Los sitios para la determinación de la densidad seca de la subrasante en el terreno se elegirán al azar, según la norma de ensayo INV E-730 “Selección al azar de sitios para la toma de muestras”, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro. Se deberán efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de la subrasante, se deberá calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones humedad-peso unitario (ensayo de compactación), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,m\acute{a}x}} \times 100 \quad [210.1]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,m\acute{a}x}} \times 100 \quad [210.2]$$

Siendo:

GC_i : Valor individual del grado de compactación, en porcentaje;

$\gamma_{d,i}$: Valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164, sin efectuar corrección de ella por presencia de sobretamaños de manera que corresponda a la muestra total,

$\gamma_{d,m\acute{a}x}$: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido sobre una muestra representativa del mismo según las normas de ensayo INV E-141 (ensayo

normal de compactación) o INV E-142 (ensayo modificado de compactación);

$C_{y,d,máx}$: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido sobre una muestra representativa del mismo según las normas de ensayo INV E-141 o INV E-142, y corregido por sobretamaños según la norma de ensayo INV E-143, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total;

Sobretamaños (fracción gruesa) (PFG): Porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (normas INV E-141 o INV E-142).

El peso unitario seco máximo corregido del material ($C_{y,d, máx}$) que se use para calcular el grado de compactación individual GC_i se obtendrá, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños, P_{FG} , presente en ese sitio.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, los criterios de aceptación serán los siguientes:

Para suelos de subrasante que clasifican como A-1, A-2-4 y A-3, el valor del peso unitario seco máximo se obtendrá según la norma de ensayo INV E-142 y el lote se acepta si:

$GC_i (90) \geq 95.0 \%$	[210.3]
--------------------------	---------

Para otros materiales de subrasante, el valor del peso unitario seco máximo se obtendrá según la norma de ensayo INV E-141 y el lote se acepta si:

$GC_i (90) \geq 100.0 \%$	[210.4]
---------------------------	---------

Siendo:

$GC_i (90)$: Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90%, se encuentra el

valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del Artículo 107, “Control y aceptación de los trabajos”, a partir de los valores individuales del grado de compactación GC_i .

Las verificaciones de compactación se deberán efectuar en todo el espesor de la subrasante.

Los lotes que no alcancen las condiciones mínimas de compactación deberán ser escarificados, homogenizados, llevados a la humedad adecuada y compactados nuevamente hasta obtener el valor de la densidad seca especificada.

210.6 MEDIDA

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3), aproximado al metro cúbico completo, de material excavado en su posición original. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

Todas las excavaciones para explanación, canales y préstamos serán medidas por volumen ejecutado, con base en las áreas de corte de las secciones transversales del proyecto, original o modificado, verificadas por el Interventor antes y después de ser ejecutado el trabajo de excavación.

Si el Constructor modifica el perfil de la excavación antes de que el Interventor realice la medición, se deberá atener a lo que unilateralmente éste determine.

No se medirán las excavaciones que el Constructor haya efectuado por negligencia o por conveniencia por fuera de las líneas de pago del proyecto o las autorizadas por el Interventor. Si dicha sobre-excavación se efectúa en la subrasante o en una calzada existente, el Constructor deberá rellenar y compactar los respectivos espacios sin costo adicional para el INVÍAS, usando materiales y procedimientos aceptados por el Interventor.

En las zonas de préstamo, solamente se medirán en su posición original los materiales efectivamente utilizados en la construcción de terraplenes y pedraplenes; alternativamente, se podrá establecer la medición de los volúmenes de materiales de préstamo utilizados, en su posición final en la vía, reduciéndolos a su posición original mediante relación de densidades secas determinadas por el Interventor,

teniendo en cuenta la corrección de partículas gruesas establecida por la norma INV E-228, siempre que ella se requiera.

No se medirán ni se autorizarán pagos para los volúmenes de material removido de derrumbes, durante los trabajos de excavación de taludes cuando, a juicio del Interventor, ellos fueren causados por procedimientos inadecuados o por negligencia del Constructor.

210.7 FORMA DE PAGO

El trabajo de excavación se pagará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con el proyecto o las instrucciones del Interventor, para la respectiva clase de excavación ejecutada satisfactoriamente y aceptada por éste.

El precio unitario para la excavación deberá cubrir todos los costos por concepto de excavación, remoción, cargue, acarreo libre, y descargue en la zona de utilización o desecho. Se deberá considerar la mano de obra, equipos, herramientas utilizadas y los costos de administración, imprevistos y utilidad del Constructor.

Deberá cubrir, además, los costos de conformación y protección de la subrasante; los costos de compactación de la subrasante cuando corresponda, según se indica en el numeral 210.4.1.4.2; la conformación de las zonas laterales y las de préstamo y disposición de sobrantes; los costos de perforación en roca, precortes, explosivos y voladuras; la excavación de zanjas u obras similares y el mejoramiento de esas mismas obras o de cauces naturales; y la limpieza final.

El Constructor deberá considerar, en relación con los explosivos, todos los costos que implican su adquisición, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control, hasta el sitio e instante de utilización.

En las zonas del proyecto donde se deba realizar trabajo de descapote, el precio unitario deberá cubrir el almacenamiento de los materiales necesarios para las obras; y, cuando ellos se acordonen a lo largo de futuros terraplenes, su posterior traslado y extensión sobre los taludes de éstos, así como el traslado y extensión sobre los taludes de los cortes donde esté proyectada su utilización.

Si el material excavado es roca, el precio unitario deberá cubrir su eventual almacenamiento para uso posterior, en las cantidades y sitios señalados por el Interventor. De los volúmenes de excavación se descontarán, para fines de pago, aquellos que se empleen en la construcción de mamposterías; concretos; filtros; y subbases, bases y capas de rodadura tanto de pavimentos asfálticos como de pavimentos rígidos.

En los proyectos de ensanche o de modificación del alineamiento de calzadas existentes, donde se debe garantizar el tránsito, el Constructor deberá considerar en su precio unitario la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos, así como todos los costos por concepto de la conservación de la superficie de rodadura existente.

El precio unitario para excavación de préstamos deberá cubrir todos los costos de desmonte, limpieza y descapote, entendiéndose en este caso como descapote la remoción necesaria de material para acceder al estrato apto de las zonas de préstamo; la excavación, cargue, acarreo libre y descargue de los materiales de préstamo efectivamente utilizados en la construcción de terraplenes o pedraplenes; los costos de adquisición, obtención de permisos y derechos de explotación y de alquiler de las fuentes de materiales de préstamo; el drenaje de las zonas de préstamo; y los costos de adecuación paisajística de las zonas de préstamo para recuperar las características hidrológicas al terminar su explotación y demás requisitos establecidos en el Artículo 106, "Aspectos Ambientales".

El precio unitario deberá incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

No habrá pago por las excavaciones y disposición o desecho de los materiales no utilizados que hayan sido obtenidos en las zonas de préstamo.

El transporte de los materiales provenientes de las excavaciones a una distancia mayor a cien metros (100 m) de acarreo libre se medirá y pagará de acuerdo con el Artículo 900, "Transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes".

210.8 ÍTEM DE PAGO

Alternativa I – Excavación sin clasificar

210.1.1	Excavación sin clasificar de la explanación y canales	Metro cúbico (m ³)
210.1.2	Excavación sin clasificar de préstamos	Metro cúbico (m ³)

Alternativa II– Excavación clasificada

210.2.1	Excavación en roca de la explanación y canales	Metro cúbico (m ³)
210.2.2	Excavación en material común de la explanación y canales	Metro cúbico (m ³)

210.2.3	Excavación en roca de préstamos	Metro cúbico (m ³)
210.2.4	Excavación en material común de préstamos	Metro cúbico (m ³)

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIA

REMOCIÓN DE DERRUMBES

ARTÍCULO 211 – 13

211.1 DESCRIPCIÓN

211.1.1 Generalidades

Este trabajo consiste en la remoción, desecho y disposición o en la remoción, cargue, transporte hasta la distancia de acarreo libre, descargue y disposición de los materiales provenientes del desplazamiento de taludes o del terreno natural, depositados sobre una vía existente o en construcción, y que se convierten en obstáculo para la utilización normal de la vía o para la ejecución de las obras.

El trabajo se hará de acuerdo con esta especificación y las instrucciones del Interventor, quien exigirá su aplicación desde la entrega de la vía al Constructor hasta su recibo definitivo.

211.1.2 Clasificación

Si el derrumbe se produce durante la ejecución de los cortes proyectados y dentro de sus límites, su remoción se medirá y pagará de acuerdo con el Artículo 210, "Excavación de la Explanación, Canales y Préstamos"; si procede de áreas fuera de los cortes proyectados o si ocurre antes o después de ejecutarse los trabajos de excavación, se medirá y pagará de acuerdo con la presente especificación.

Para efectos de esta clasificación se considera terminado el trabajo de corte cuando la explanación está acabada de acuerdo con los planos y especificaciones y a satisfacción del Interventor.

211.2 MATERIALES

Los materiales por remover serán los provenientes del derrumbe.

211.3 EQUIPO

Los equipos para la remoción de derrumbes estarán sujetos a la aprobación del Interventor y deberán ser suficientes para garantizar el cumplimiento de esta especificación y del programa de trabajo.

211.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

211.4.1 Remoción del derrumbe

El Constructor deberá emprender el trabajo en los sitios afectados de la vía, cuando lo solicite el Interventor.

Cuando ocurra un derrumbe, el Constructor deberá colocar inmediatamente señales que indiquen, durante el día y la noche, la presencia del obstáculo de acuerdo con la disposiciones vigentes del Ministerio de Transporte y del Instituto Nacional de Vías; así mismo, será el responsable de mantener la vía transitable.

La remoción del derrumbe se efectuará en las zonas indicadas por el Interventor y considerando siempre la estabilidad del talud aledaño a la masa de suelo desplazada y de las construcciones vecinas.

Si el material de derrumbe cae sobre cauces naturales en la zona de la vía, obras de drenaje, subrasantes, subbases, bases y pavimentos terminados, se deberá extraer con las precauciones necesarias, sin causar daños a las obras, las cuales se deberán limpiar totalmente.

Todo daño atribuible por el Interventor a descuido o negligencia del Constructor será reparado por éste, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

Los materiales provenientes de los derrumbes se deberán disponer de la misma manera que el material sobrante de las excavaciones, conforme se determina en el Artículo 210, "Excavación de la Explanación, Canales y Préstamos".

211.4.2 Limitaciones en la ejecución

Los trabajos de remoción de derrumbes no se deberán realizar en momentos de lluvia.

Los trabajos de remoción de derrumbes se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio

para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

211.4.3 Manejo ambiental

A pesar de la urgencia con la cual se debe desarrollar generalmente esta actividad, ella se deberá adelantar en cumplimiento de las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales.

En particular, se evitará verter los materiales provenientes del derrumbe en cursos o láminas de agua o en áreas habitadas.

211.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

211.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Comprobar el estado y funcionamiento del equipo empleado en la ejecución de los trabajos;
- Verificar la eficiencia y seguridad de los procedimientos de ejecución de los trabajos;
- Comprobar que la disposición de los materiales provenientes del derrumbe se ajuste a las exigencias de estas especificaciones y a las disposiciones legales vigentes;

El Interventor medirá, para efectos de pago, el trabajo ejecutado por el Constructor de acuerdo con la presente especificación.

211.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

El trabajo de remoción de derrumbes será aceptado cuando se ejecute de acuerdo con esta especificación y con las indicaciones del Interventor y se complete a satisfacción de éste.

La remoción del derrumbe se considerará completa cuando la vía quede limpia y libre de obstáculos y las obras de drenaje funcionen normalmente.

211.6 MEDIDA

La unidad de medida para la remoción de derrumbes será el metro cúbico (m^3), aproximado al metro cúbico completo, de material efectivamente retirado de cualquier parte de la vía.

El volumen de material removido, desechado y dispuesto se medirá en estado suelto, verificado por el Interventor con base en el número de viajes transportados.

No se determinarán los volúmenes de derrumbes que, a juicio del Interventor, fueren causados por procedimientos inadecuados o por negligencia del Constructor.

211.7 FORMA DE PAGO

La remoción de derrumbes se pagará al precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado satisfactoriamente, de acuerdo con la presente especificación y aceptado por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de remoción, cargue, transporte hasta la distancia de acarreo libre de cien metros (100 m), descargue, desecho y disposición de cualquier material; deberá incluir, también, los costos por mano de obra, señalización preventiva de la vía, control del tránsito automotor, limpieza y restablecimiento del funcionamiento de las obras de drenaje obstruidas por los materiales de derrumbe.

No se autorizarán pagos para los volúmenes de material de derrumbes, si los materiales se descargan sobre obras del proyecto o en áreas no autorizadas por el Interventor.

Tampoco se autorizarán pagos para los volúmenes de material de derrumbes, causados por procedimientos inadecuados o negligencia del Constructor.

El precio unitario deberá incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

El transporte de material de derrumbe a una distancia mayor de cien metros (100 m) de acarreo libre, se medirá y pagará de acuerdo con el Artículo 900, "Transporte de Materiales provenientes de excavaciones y derrumbes".

211.8 ÍTEM DE PAGO

211.1 Remoción de derrumbes

Metro cúbico (m³)

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIALS

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIA

TERRAPLENES

ARTÍCULO 220 – 13

220.1 DESCRIPCIÓN

220.1.1 Generalidades

Este trabajo consiste en la escarificación, nivelación y compactación del terreno o del afirmado en donde se haya de colocar un terraplén nuevo, previa ejecución de las obras de desmonte y limpieza; eventual descapote y retiro de material inadecuado; demolición; drenaje y subdrenaje; y la colocación, el humedecimiento o secamiento, la conformación y compactación de materiales apropiados de acuerdo con la presente especificación, los planos y secciones transversales del proyecto y las instrucciones del Interventor.

220.1.2 Partes del terraplén

En los terraplenes se distinguirán tres partes:

- a) Corona (capa subrasante): Parte superior del terraplén en la cual se apoya la estructura de pavimento; tendrá un espesor de treinta centímetros (30 cm), salvo que los documentos del proyecto indiquen un espesor diferente.
- b) Núcleo: Parte del terraplén comprendida entre el cimientado y la corona.
- c) Cimientado: La parte inferior del terraplén, que está por debajo de la superficie original del terreno, la que ha sido variada por el retiro de material inadecuado.

El núcleo y el cimientado constituyen el cuerpo del terraplén.

220.2 MATERIALES

220.2.1 Requisitos de los materiales

Los materiales que se empleen en la construcción de terraplenes deberán provenir de las excavaciones de la explanación, de préstamos laterales o

de fuentes aprobadas; estarán libres de sustancias deletéreas, de materia orgánica, raíces y otros elementos perjudiciales; no tendrán características expansivas ni colapsables. Su empleo deberá ser autorizado por el Interventor.

Deberán cumplir con los requisitos establecidos en los documentos técnicos del proyecto. Si los documentos del proyecto no establecen estos requisitos, se utilizarán los indicados en la Tabla 220 - 1.

220.2.2 Empleo

Los documentos del proyecto o las especificaciones particulares indicarán el tipo de suelo por utilizar en cada capa. En todo caso, los suelos tolerables no podrán ser empleados en el núcleo del terraplén, cuando éste pueda estar sujeto a inundación.

Además, cuando en el núcleo se hayan empleado suelos tolerables, la corona solamente se podrá construir con suelos seleccionados.

220.3 EQUIPO

El equipo empleado para la construcción de terraplenes deberá ser compatible con los procedimientos de ejecución adoptados y requiere aprobación previa del Interventor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de los trabajos y al cumplimiento de las exigencias de la presente especificación.

220.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

220.4.1 Generalidades

Los trabajos de construcción de terraplenes se deberán efectuar según procedimientos puestos a consideración del Interventor y aprobados por éste. Su avance físico se deberá ajustar al programa de trabajo.

Si los trabajos de construcción o ampliación de terraplenes afectaren el tránsito normal en la vía o en sus intersecciones y cruces con otras vías, el Constructor será responsable de tomar las medidas para mantenerlo adecuadamente.

Cuando se haya programado la construcción de las obras de arte previamente a la elevación del cuerpo del terraplén, no se deberá iniciar la construcción de éste antes de que las alcantarillas y muros de contención se terminen en un tramo no menor de quinientos metros (500 m) adelante del frente del trabajo, en cuyo caso se deberán concluir también, en forma previa, los rellenos de protección que tales obras necesiten.

Tabla 220 - 1. Requisitos de los materiales para terraplenes

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	SUELOS SELECCIONADOS	SUELOS ADECUADOS	SUELOS TOLERABLES
Partes del terraplén a las que se aplican		Todas	Todas	Cimiento y Núcleo
Tamaño máximo, mm	E-123	75	100	150
Porcentaje que pasa el tamiz de 2 mm (No. 10) en masa, máximo	E-123	80	80	-
Porcentaje que pasa el tamiz de 75 μ m (No. 200) en masa, máximo	E-123	25	35	35
Contenido de materia orgánica, máximo (%)	E-121	0	1.0	1.0
Límite líquido, máximo (%)	E-125	30	40	40
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-126	10	15	-
CBR de laboratorio, mínimo (%) (Nota 1)	E-148	10	5	3
Expansión en prueba CBR, máximo (%)	E-148	0.0	2.0	2.0
Índice de colapso, máximo (%) (Nota 2)	E-157	2.0	2.0	2.0
Contenido de sales Solubles, máximo (%)	E-158	0.2	0.2	-

Nota 1. Los valores de C.B.R. indicados en la Tabla 220 - 1 están asociados al grado de compactación mínimo especificado (numeral 220.5.2.2.2); el CBR se medirá sobre muestras sometidas previamente a cuatro días de inmersión.

Nota 2. La muestra para el índice de colapso se debe fabricar con la densidad mínima exigida en el numeral 220.5.2.2.2 y con la humedad correspondiente en el lado seco de la curva de compactación.

220.4.2 Preparación del terreno

Antes de iniciar la construcción de los terraplenes, deben estar terminadas las labores de desmonte y limpieza, según se especifica en el Artículo 200, "Desmonte y limpieza", y las demoliciones de estructuras que se requieran, según se especifica en el Artículo 201, "Demolición y remoción".

Se debe excavar y retirar la capa vegetal y todo material inadecuado, según el Artículo 210, "Excavación de la explanación, canales y préstamos"; también se deben implementar las medidas de drenaje definitivo indicadas en los documentos del proyecto y de drenaje provisional contempladas por el Constructor en su método constructivo. Si las condiciones del sitio requieren medidas adicionales para garantizar la estabilidad del terraplén, el Interventor determinará los eventuales trabajos de descapote y retiro del material inadecuado, así como el drenaje del área base según los Artículos 210, "Excavación de la explanación, canales y préstamos"; 600, "Excavaciones varias"; y 673, "Subdrenes con geotextil y material granular".

Cuando el terreno base esté satisfactoriamente limpio y drenado, se deberá escarificar, conformar y compactar, de acuerdo con las exigencias de compactación definidas en la presente especificación, en una profundidad de quince centímetros (15 cm), la cual se podrá reducir a diez centímetros (10 cm) cuando el terraplén se deba construir sobre un afirmado existente.

En las zonas de ensanche de terraplenes existentes o en la construcción de éstos sobre terreno inclinado, el talud existente o el terreno natural se deberán cortar en forma escalonada, de acuerdo con los planos o las instrucciones del Interventor, para asegurar la estabilidad del terraplén nuevo. Se considerará este procedimiento como obligatorio en pendientes transversales mayores de veinte por ciento (20%).

Cuando lo señale el proyecto o lo ordene el Interventor, la capa superficial de suelo existente que cumpla con lo señalado en el numeral 220.2, se deberá mezclar con el material que se va a utilizar en el terraplén nuevo.

Si el terraplén hubiere de ser construido sobre turba o suelos blandos, se deberá asegurar la eliminación total o parcial de estos materiales; si lo

anterior fuese impráctico, se deberá considerar su tratamiento previo y consolidación o la utilización de cualquier otro medio indicado en los documentos del proyecto o propuesto por el Constructor y autorizado por el Interventor, que permita mejorar la calidad del soporte, hasta que éste ofrezca la suficiente estabilidad para resistir los esfuerzos debidos al peso del terraplén terminado. Si el proyecto lo considera, la superficie de apoyo se podrá preparar tendiendo directamente sobre el suelo blando uno o varios geosintéticos, encima de los cuales se construirá el cuerpo del terraplén. La colocación de los geosintéticos se realizará de conformidad con las indicaciones del proyecto o las instrucciones del Interventor y, en todo caso, será motivo de una especificación particular.

220.4.3 Cuerpo del terraplén

El Interventor sólo autorizará la colocación de materiales de terraplén cuando el terreno base esté adecuadamente preparado, según se indica en el numeral anterior.

Los suelos de escasa o nula cohesión, se podrán emplear en la construcción del cuerpo de los terraplenes, siempre que dicho material quede confinado lateralmente con suelos cohesivos y no erosionables, y que cumplan con lo estipulado para suelos seleccionados o adecuados en la Tabla 220 - 1, en un ancho mínimo de un metro (1.0 m) medido horizontalmente desde la línea de talud hacia el cuerpo del terraplén.

El material del terraplén se colocará en capas sensiblemente paralelas y de espesor uniforme, el cual será lo suficientemente reducido para que, con los equipos disponibles, se obtenga el grado de compactación exigido. Este espesor no será mayor a treinta centímetros (30 cm) antes de la compactación, salvo que el Interventor autorice lo contrario. Los materiales de cada capa serán de características uniformes. No se extenderá ninguna capa, mientras no se haya comprobado que la subyacente cumple las condiciones de compactación exigidas. Se deberá garantizar que las capas presenten adherencia y homogeneidad entre sí. Cuando se trate de terraplenes nuevos, cada capa deberá ser extendida y compactada a todo lo ancho de la sección transversal.

Será responsabilidad del Constructor asegurar un contenido de humedad que garantice el grado de compactación exigido en todas las capas del cuerpo del terraplén. En los casos especiales en que la humedad del material sea considerablemente mayor que la adecuada para obtener la compactación prevista, el Constructor propondrá y ejecutará los

procedimientos más convenientes para ello, previa autorización del Interventor, cuando el exceso de humedad no pueda ser eliminado por el sistema de aireación.

Obtenida la humedad más conveniente, se procederá a la compactación mecánica de la capa. En los cimientos y núcleos de terraplenes, las densidades secas que alcancen no serán inferiores a las mínimas exigidas, de acuerdo con el numeral 220.5.2.2.2.

El trabajo se deberá realizar comenzando desde los bordes del terraplén, avanzando hacia el centro con pasadas paralelas traslapadas en, por lo menos, la mitad del ancho de la unidad compactadora. En curvas peraltadas, la compactación deberá comenzar en la parte baja y avanzar hacia la más alta.

Toda la superficie deberá recibir el número suficiente de pasadas completas para obtener una compactación uniforme en todo el ancho del terraplén, y satisfactoria según las exigencias del numeral 220.5.2.2.2.

Las zonas que por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte, no permitan el empleo del equipo que normalmente se esté utilizando para la compactación, se compactarán con equipos apropiados para el caso, en tal forma que las densidades secas obtenidas no sean inferiores a las determinadas en esta especificación para la capa del terraplén que se esté compactando.

En casos especiales, cuando los terraplenes deban ser construidos en zonas pantanosas, se colocará material en una (1) sola capa hasta la elevación mínima a la cual pueda trabajar el equipo. Por encima de dicha elevación, el terraplén se construirá por capas que se compactarán con los niveles de densificación señalados en el numeral 220.5.2.2.2.

Los taludes de los terraplenes tendrán una inclinación uniforme, la que en general será de 3:2 (H:V), salvo indicación distinta en los documentos del proyecto, las especificaciones particulares o instrucción escrita del Interventor.

220.4.4 Corona del terraplén

Salvo que los planos del proyecto o las especificaciones particulares establezcan algo diferente, la corona deberá tener un espesor compacto de treinta centímetros (30 cm) construidos en dos capas de igual espesor,

las cuales se conformarán utilizando suelos seleccionados o adecuados, según lo establecido en el numeral 220.2. Los suelos se humedecerán o airearán según sea necesario, y se compactarán mecánicamente hasta obtener los niveles señalados en el numeral 220.5.2.2.2.

Los terraplenes se deberán construir hasta una cota superior a la indicada en los planos, en la dimensión suficiente para compensar los asentamientos producidos por efecto de la consolidación y obtener la rasante final a la cota proyectada, con las tolerancias establecidas en el numeral 220.5.2.2.2.

Si por causa de los asentamientos, las cotas de subrasante resultan inferiores a las proyectadas, incluidas las tolerancias indicadas en esta especificación, se deberá escarificar la capa superior del terraplén en el espesor que ordene el Interventor y adicionar del mismo material utilizado para conformar la corona, efectuando la homogeneización, humedecimiento o secamiento y compactación requeridos hasta cumplir con las cotas de subrasante.

Si las cotas finales de subrasante resultan superiores a las proyectadas, teniendo en cuenta las tolerancias de esta especificación, el Constructor deberá retirar, a sus expensas, el espesor en exceso. Este retiro no podrá afectar desfavorablemente ni el grado de compactación ni la pendiente transversal exigida a esta capa.

En la corona de terraplenes, la densidad seca que se alcance con el proceso de compactación no será inferior a la mínima exigida en el numeral 220.5.2.2.2.

220.4.5 Acabado

Al terminar cada jornada, la superficie del terraplén deberá estar compactada y bien nivelada, con declive suficiente que permita el escurrimiento de aguas lluvias sin peligro de erosión.

Con el fin de disminuir el efecto erosivo del agua sobre los taludes de los terraplenes, éstos se deberán proteger mediante su empradización, conforme lo establece el Artículo 810, "Protección vegetal de taludes", o el sistema que indiquen los documentos técnicos del proyecto y/o la especificación particular correspondiente.

220.4.6 Estabilidad

El Constructor responderá, hasta la aceptación final, por la estabilidad de los terraplenes construidos con cargo al contrato y deberá sustituir, sin cargo para el INVÍAS, cualquier tramo que, a juicio del Interventor, presente defectos constructivos o deterioros atribuibles al descuido o negligencia del Constructor o por causas distintas a las indicadas en el párrafo siguiente.

Si el trabajo ha sido hecho adecuadamente conforme a las especificaciones, los planos del proyecto y las indicaciones del Interventor y resultaren daños causados exclusivamente por movimientos inevitables del suelo sobre el que se ha construido el terraplén, por lluvias copiosas que excedan cualquier máximo de lluvias de registros anteriores, derrumbes inevitables, terremotos, inundaciones que excedan la máxima cota de elevación de agua registrada o señalada en los planos, se reconocerán al Constructor los costos por las medidas correctoras, las excavaciones necesarias y la reconstrucción del terraplén, salvo cuando los derrumbes, hundimientos o inundaciones se deban a mala construcción de las obras de drenaje, falta de retiro oportuno de formaletas u obstrucciones derivadas de operaciones deficientes de construcción, imputables al Constructor.

220.4.7 Limitaciones en la ejecución

La construcción de terraplenes sólo se llevará a cabo cuando no haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra y la temperatura ambiente no sea inferior a dos grados Celsius (2° C).

Se deberá prohibir la acción de todo tipo de tránsito sobre las capas en ejecución, hasta que se haya completado su compactación. Si ello no resulta posible, el tránsito que necesariamente deba pasar sobre ellas se distribuirá de manera que no se concentren huellas de rodadas en la superficie.

Los trabajos de construcción de terraplenes se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el

trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

220.4.8 Manejo ambiental

Todas las determinaciones referentes a la construcción de terraplenes deberán ser tomadas considerando la protección del medio ambiente y las disposiciones vigentes sobre el particular.

En particular, se deberá prestar atención al correcto funcionamiento de los dispositivos de drenaje y a la protección vegetal de los taludes para evitar erosiones y arrastre de partículas sólidas.

220.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

220.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo de construcción;
- Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo aceptados;
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo;
- Comprobar que los materiales por emplear cumplan los requisitos de calidad exigidos en el numeral 220.2;
- Verificar la compactación de todas las capas del terraplén;
- Realizar medidas para determinar espesores, levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie.

220.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**220.5.2.1 Calidad de los materiales**

De cada procedencia de los suelos empleados para la construcción de terraplenes y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y de cada fracción de ellas se determinarán los parámetros indicados en la Tabla 220 - 1 del numeral 220.2. La totalidad de los resultados deberá satisfacer las exigencias indicadas en la misma tabla, según el tipo de suelo, so pena del rechazo de los materiales deficientes.

Durante la etapa de producción, el Interventor examinará las descargas de los materiales y ordenará el retiro de aquellas que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado.

Además, efectuará las verificaciones periódicas de la calidad del material que se indican en la Tabla 220 - 2.

Tabla 220 - 2. Verificaciones periódicas de calidad de los materiales

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Granulometría	E-123	Una (1) vez por jornada
Contenido de materia orgánica	E-121	Una (1) vez a la semana
Límite líquido	E-125	Una (1) vez por jornada
Índice de plasticidad	E-126	Una (1) vez por jornada
CBR de laboratorio, con expansión	E-148	Una (1) vez por mes
Índice de colapso	E-157	Una (1) vez por mes
Densidad seca máxima	E-142	Una (1) vez por semana
Contenido de sales solubles	E-158	Una (1) vez a la semana

220.5.2.2 Calidad del producto terminado

220.5.2.2.1 Acabado

Cada capa terminada de terraplén deberá presentar una superficie uniforme y ajustada a la rasante y a las pendientes establecidas.

Los taludes terminados no deberán acusar irregularidades a la vista.

La distancia entre el eje del proyecto y el borde del terraplén no será menor que la distancia señalada en los planos o modificada por el Interventor.

La cota de cualquier punto de la subrasante en terraplenes, conformada y compactada, no deberá variar en más de treinta milímetros (30 mm) de la cota proyectada, medida verticalmente hacia abajo, y en ningún caso la cota de subrasante podrá superar la cota del proyecto o la autorizada por el Interventor.

No se tolerará en las obras concluidas, ninguna irregularidad que impida el normal escurrimiento de las aguas.

En adición a lo anterior, se deberán efectuar las siguientes comprobaciones:

220.5.2.2.2 Compactación

Para efectos de la verificación de la compactación de cada una de las capas del terraplén, se define como “lote”, que se aceptará o rechazará en conjunto, el menor volumen que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500 m) de capa compactada en el ancho total del terraplén;

- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) en el caso de las capas de la “corona” o cinco mil metros cuadrados (5000 m²) en el resto de las capas;
- El volumen construido con el mismo material, del mismo corte o préstamo y colocado y compactado con los mismos equipos, en una jornada de trabajo.

Los sitios para la determinación de la densidad seca de cada capa de terraplén en el terreno se elegirán al azar, según la norma de ensayo INV E-730 “Selección al azar de sitios para la toma de muestras”, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro. Se deberán efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de una capa de terraplén, se deberá calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones humedad-peso unitario (ensayo de compactación), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{V_{d,i}}{V_{d,máx}} \times 100 \quad [220.1]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{V_{d,i}}{C_{V_{d,máx}}} \times 100 \quad [220.2]$$

Siendo:

GC_i: Valor individual del grado de compactación, en porcentaje;

$\gamma_{d,i}$: Valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164, sin efectuar corrección de ella por presencia de sobretamaños de manera que corresponda a la muestra total;

$\gamma_{d,m\acute{a}x}$: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido sobre una muestra representativa del mismo según las normas de ensayo INV E-141 (ensayo normal de compactación) o INV E-142 (ensayo modificado de compactación);

$C\gamma_{d,m\acute{a}x}$: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido sobre una muestra representativa del mismo según las normas de ensayo INV E-141 o INV E-142, y corregido por sobretamaños según la norma de ensayo INV E-143, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total;

Sobretamaños (fracción gruesa) (P_{FG}): Porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (normas INV E-141 o INV E-142).

El peso unitario seco máximo corregido del material ($C\gamma_{d,m\acute{a}x}$) que se use para calcular el grado de compactación individual GC_i se obtendrá, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños, P_{FG} , presente en ese sitio.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, los criterios de aceptación serán los siguientes:

Para materiales de terraplén que clasifican como A-1, A-2-4 o A-3, el valor del peso unitario seco

máximo se obtendrá según la norma de ensayo INV E-142 y el lote se acepta si:

$GC_i (90) \geq 90.0 \%$	(Cimiento y núcleo)	[220.3]
--------------------------	---------------------	---------

$GC_i (90) \geq 95.0 \%$	(Corona)	[220.4]
--------------------------	----------	---------

Para otros materiales de terraplén, el valor del peso unitario seco máximo se obtendrá según la norma de ensayo INV E-141 y el lote se acepta si:

$GC_i (90) \geq 95.0 \%$	(Cimiento y núcleo)	[220.5]
--------------------------	---------------------	---------

$GC_i (90) \geq 100.0 \%$	(Corona)	[220.6]
---------------------------	----------	---------

Siendo:

$GC_i (90)$: Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90%, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del Artículo 107, "Control y aceptación de los trabajos", a partir de los valores individuales del grado de compactación GC_i .

Las verificaciones de compactación se deberán efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Los lotes que no alcancen las condiciones mínimas de compactación deberán ser escarificados, homogenizados, llevados a la humedad adecuada y compactados nuevamente hasta obtener el valor de la densidad seca especificada.

220.5.2.2.3 Irregularidades

Todas las irregularidades que excedan las tolerancias de la presente especificación deberán ser corregidas por el Constructor, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

220.5.2.2.4 Protección de la corona del terraplén

La corona del terraplén no deberá quedar expuesta a las condiciones atmosféricas; por lo tanto, se deberá construir en forma inmediata la capa superior proyectada una vez terminada la compactación y el acabado final de aquella. Será responsabilidad del Constructor la reparación de cualquier daño a la corona del terraplén, por la demora en la construcción de la capa siguiente.

220.6 MEDIDA

La unidad de medida para los volúmenes de terraplenes será el metro cúbico (m^3), aproximado al metro cúbico completo, de material compactado, aceptado por el Interventor, en su posición final. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

Todos los terraplenes serán medidos por los volúmenes determinados con base en las áreas de las secciones transversales del proyecto localizado, verificadas por el Interventor antes y después de ser ejecutados los trabajos de terraplenes. Dichas áreas estarán limitadas por las siguientes líneas de pago:

- a) Las líneas del terreno (terreno natural descapotado, afirmado existente, cunetas y taludes existentes);
- b) Las líneas del proyecto (subrasante o límite inferior de la subbase, cunetas y taludes proyectados).

No habrá medida ni pago para los terraplenes por fuera de las líneas del proyecto o de las establecidas por el Interventor, efectuados por el Constructor, ya sea por negligencia o por conveniencia para la operación de sus equipos.

Los rellenos con materiales sobrantes de excavación o de derrumbes que se coloquen sobre taludes de terraplenes terminados no se medirán; su conformación y compactación será cubierta con los Artículos 210, "Excavación de la explanación, canales y préstamos", y 211, "Remoción de derrumbes". No se medirán los terraplenes que se efectúen en trabajos de zonas laterales y las de préstamo y desecho.

No se medirán los terraplenes que haga el Constructor en sus caminos de construcción y obras auxiliares que no formen parte de las obras del proyecto.

Tampoco se medirán, ni serán objeto de pago, los rellenos que sean necesarios para restituir la explanación a las cotas proyectadas, debido a un exceso de excavación.

220.7 FORMA DE PAGO

El trabajo de terraplenes se pagará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada satisfactoriamente de acuerdo con la presente especificación y aceptada por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir los costos de escarificación, nivelación, conformación, compactación y demás trabajos preparatorios de las áreas en donde se haya de construir un terraplén nuevo; deberá cubrir, además, la colocación, conformación, humedecimiento o secamiento y compactación de los materiales utilizados en la construcción de terraplenes; y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de los terraplenes, de acuerdo con esta especificación, los planos y las instrucciones del Interventor.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

Habrá pago separado para los diversos ítem relacionados con el desmonte y limpieza; demolición y remoción; los cortes de los taludes en media ladera y de los terraplenes por ampliar y el drenaje de las áreas que hayan de recibir terraplenes, establecidos en los Artículos 200, "Desmonte y limpieza"; 201, "Demolición y remoción"; 210 "Excavación de la explanación, canales y préstamos"; 600, "Excavaciones varias"; y 673 "Subdrenes con geotextil y material granular".

También habrá pago separado para los trabajos de empedradización de los taludes de los terraplenes conforme se indica en el Artículo 810, "Protección vegetal de taludes", así como para el suministro y colocación de los geosintéticos a los cuales se

hace referencia en el numeral 220.4.2, los cuales se pagarán de acuerdo con la especificación particular establecida para ello.

Los materiales para los terraplenes y su transporte se medirán y pagarán de acuerdo con lo indicado en los Artículos 210, "Excavación de la explanación, canales y préstamos" y 900, "Transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes", respectivamente.

Salvo que el proyecto indique lo contrario, se aplicará el mismo precio unitario a todas las partes del terraplén.

220.8 ÍTEM DE PAGO

220.1 Terraplenes

Metro cúbico (m³)

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

PEDRAPLENES

ARTÍCULO 221 – 13

221.1 DESCRIPCIÓN

221.1.1 Generalidades

Este trabajo consiste en la preparación de la superficie de apoyo del pedraplén y la colocación y compactación de materiales pétreos adecuados, de las características indicadas en los numerales 221.2 y 221.4.3, y de acuerdo con los planos y secciones transversales del proyecto y las instrucciones del Interventor.

221.1.2 Partes del pedraplén

En los pedraplenes se distinguirán tres partes o zonas constitutivas:

- a) Transición, formada por la parte superior del pedraplén y con espesor igual a un metro (1m), salvo que los planos o las especificaciones particulares modifiquen dicha magnitud;
- b) Núcleo, parte del pedraplén comprendida entre el cimientado y la transición;
- c) Cimientado, parte inferior del pedraplén, en contacto con el terreno natural.

El núcleo y el cimientado constituyen el cuerpo del pedraplén.

221.1.3 Corona (capa subrasante)

Es la zona comprendida entre la transición del pedraplén y la superficie de la explanación. Sus dimensiones y características son las mismas que se establecen para la corona de los terraplenes y están definidas en el Artículo 220, "Terraplenes".

221.2 MATERIALES

Los materiales por emplear en la construcción de pedraplenes pueden proceder de la excavación de la explanación o de fuentes aprobadas y provendrán de cantos rodados o rocas sanas, compactas, resistentes y durables.

Deberán cumplir con los requisitos establecidos en los documentos técnicos del proyecto. Si los documentos del proyecto no establecen estos requisitos, se utilizarán los siguientes:

221.2.1 Granulometría

- El tamaño máximo no deberá ser superior a los dos tercios (2/3) del espesor de la capa compactada;
- El porcentaje en masa de partículas menores al tamiz de 25.0 mm (1"), será inferior al treinta por ciento (30 %);
- El porcentaje en masa de partículas que pasen el tamiz de 75 μ m (No.200), será inferior al diez por ciento (10 %).

En adición a lo anterior, la curva granulométrica se ajustará a la franja indicada en la Tabla 221 - 1, en la cual "D" es el tamaño máximo nominal del material.

Tabla 221 - 1. Otros requisitos granulométricos del material para pedraplenes

TAMAÑO	% QUE PASA
D	90-100
D/4	45-60
D/16	25-45
D/64	15-35

Sin embargo, de acuerdo con la información obtenida durante la fase de experimentación a que se refiere el numeral 221.4.4, el Interventor podrá modificar esta franja, adaptándola a las características del material y al proceso que se apruebe para la ejecución de la obra.

Los requisitos de granulometría que se exigen en el presente numeral se refieren al material ya compactado. Las granulometrías obtenidas en otros instantes solamente tendrán valor orientativo, debido a las segregaciones y alteraciones inevitables durante la construcción.

221.2.2 Resistencia a la abrasión

Al ser sometido al ensayo de desgaste en la máquina de los Ángeles, gradación E, según norma de ensayo INV E-219, el material por utilizar en

la construcción del pedraplén no podrá presentar un desgaste mayor de cincuenta por ciento (50 %).

221.3 EQUIPO

El equipo empleado para la construcción de pedraplenes deberá ser compatible con los procedimientos de ejecución adoptados y requiere aprobación previa del Interventor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de los trabajos y al cumplimiento de las exigencias de la presente especificación.

221.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

221.4.1 Generalidades

Los trabajos de construcción de pedraplenes se deberán efectuar según procedimientos puestos a consideración del Interventor y aprobados por éste. Su avance físico se deberá ajustar al programa de trabajo.

Si los trabajos de construcción de pedraplenes afectaren el tránsito normal en la vía o en sus intersecciones con otras vías, el Constructor será responsable de mantenerlo adecuadamente.

221.4.2 Preparación de la superficie de apoyo

Antes de proceder a la colocación y compactación de los materiales del pedraplén, se deberán realizar el desmonte, la limpieza y la excavación de la capa vegetal y material inadecuado de acuerdo con lo establecido en los Artículos 200, “Desmonte y Limpieza”, y 210, “Excavación de la explanación, canales y préstamos”, si ello está previsto en el proyecto, así como la demolición y remoción de estructuras y obstáculos existentes, conforme se indica en el Artículo 201, “Demolición y remoción”.

Cuando se deban construir pedraplenes directamente sobre terrenos inestables compuestos por turba o arcillas blandas, se asegurará el retiro de estos materiales o su consolidación completa, antes de terminar la estructura de la carretera. En los casos en que dichas operaciones no resulten posibles porque el espesor de la capa inestable sea considerable, estos materiales se desplazarán por cargas sucesivas de material de

pedraplén, ayudadas o no por voladuras con explosivos, según lo contemple el proyecto.

Si el proyecto lo considera, la superficie de apoyo también se podrá preparar tendiendo directamente sobre el suelo blando un refuerzo con geosintéticos (geotextiles, geomallas, geoceldas o conjunto de estos) encima del cual se construirá el cuerpo del pedraplén. La colocación de los geosintéticos se realizará de conformidad con las indicaciones del proyecto o las instrucciones del Interventor y, en todo caso, será motivo de una especificación particular.

En las zonas de ensanche de pedraplenes existentes o en la construcción de pedraplenes sobre terreno inclinado, el Interventor podrá exigir el escalonamiento de la superficie inclinada mediante la excavación que considere pertinente, si ella no está prevista en los documentos del proyecto. Si el material cortado es del mismo tipo que el nuevo y cumple las condiciones exigidas para éste, se podrá reutilizar mezclándolo con el nuevo para su compactación simultánea; en caso contrario, deberá ser trasladado a un sitio de disposición adecuado.

221.4.3 Cuerpo y transición del pedraplén

El Interventor sólo autorizará la colocación de materiales de pedraplén cuando la superficie de apoyo esté adecuadamente preparada, según se indica en el numeral anterior. Se exceptúa de esta instrucción el caso en el cual la superficie de apoyo se obtenga por desplazamiento de suelos blandos mediante cargas sucesivas de material de pedraplén, tal como se indica en el mismo numeral.

El material de pedraplén se colocará en capas sensiblemente paralelas a la superficie de la explanación, de espesor uniforme y adecuado para que, con los medios disponibles, los vacíos entre los fragmentos más grandes se llenen con las partículas más pequeñas del mismo material, de modo que se obtenga el nivel de densificación deseado y sin evidencias visibles de que se requiera una mayor consolidación en el material.

El espesor máximo de las capas compactadas se fijará, salvo autorización en contrario del Interventor, de acuerdo con los siguientes criterios:

- Cimiento y núcleo: Un metro (1 m);
- Transición: El espesor de las capas compactadas deberá decrecer desde la parte inferior de esa zona hasta la superior, con el fin de

establecer un paso gradual entre el núcleo y la corona, teniendo como restricción que se debe compactar mínimo en dos capas.

Además, entre los materiales pétreos empleados en las capas sucesivas de la transición, se deberán cumplir las siguientes condiciones:

$$\frac{I_{15}}{S_{85}} < 5 \quad e \quad \frac{I_{50}}{S_{50}} < 25 \quad [221.1]$$

Siendo I_x la abertura del tamiz por el cual pasa el “x” por ciento en masa del material de la capa inferior y S_x la abertura del tamiz por el cual pasa el “x” por ciento en masa de material de la capa superior.

El espesor total de la transición será de un metro (1 m) o el que fije los planos o las especificaciones particulares, según se establece en el numeral 221.1.2.

El método que se apruebe para compactar las diferentes capas en que se construya el pedraplén deberá garantizar la obtención de las compacidades deseadas y, para ello, se deberán determinar en la fase de experimentación la granulometría del material, el espesor de cada capa, el equipo de compactación y su número de pasadas.

Así mismo, la superficie compactada de cada capa deberá tener la pendiente transversal necesaria para asegurar la evacuación de las aguas superficiales sin peligro de erosión.

Si las cotas finales de la capa de transición resultan superiores a las proyectadas, teniendo en cuenta las tolerancias de esta especificación, el Constructor deberá retirar, mediante un procedimiento que resulte adecuado para el Interventor, el espesor en exceso.

221.4.4 Fase de experimentación

Antes de iniciar los trabajos, el Constructor propondrá al Interventor el método de construcción que considere más apropiado para cada tipo de material por emplear, con el fin de cumplir las exigencias de la presente especificación.

En dicha propuesta se especificarán las características de la maquinaria por utilizar, los métodos de excavación, cargue y transporte de los materiales, el procedimiento de colocación, los espesores de las capas y el

método para compactarlas. Además, se aducirán experiencias similares con el método de ejecución propuesto, si las hubiere.

Salvo que el Interventor considere que con el método que se propone existe suficiente experiencia satisfactoria, su aprobación quedará condicionada a un ensayo en la obra, el cual consistirá en la construcción de un tramo experimental, en el volumen que estime necesario, para comprobar la validez del método propuesto o para recomendar todas las modificaciones que requiera.

Durante esta fase se determinará, mediante muestras representativas, la gradación del material colocado y compactado y se conceptuará sobre el grado de densificación alcanzado.

Así mismo, se efectuarán apiques y trincheras sobre el material compactado para verificar visualmente la uniformidad con que quedan colocados los materiales de las diversas capas.

Se controlarán, además, mediante procedimientos topográficos, las deformaciones superficiales del pedraplén, después de cada pasada del equipo de compactación.

221.4.5 Corona del pedraplén

Su construcción se deberá ceñir, en todo, a lo establecido en el numeral 220.4.4, "Corona del terraplén", del Artículo 220, "Terraplenes".

221.4.6 Limitaciones en la ejecución

La construcción de pedraplenes no se llevará a cabo en instantes de lluvia o cuando existan fundados temores de que ella ocurra.

Los trabajos de construcción de pedraplenes se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

221.4.7 Manejo ambiental

Sobre el particular, resultan aplicables las observaciones indicadas en el numeral 220.4.8 del Artículo 220, “Terraplenes”.

221.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**221.5.1 Controles**

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento del equipo de construcción;
- Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo aceptados;
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo;
- Comprobar que los materiales que se empleen en la construcción del pedraplén cumplan los requisitos de calidad mencionados en los numerales 221.2 y 221.4.3;
- Controlar los espesores y demás requisitos exigidos a las capas compactadas del cuerpo y la transición del pedraplén.

Los controles referentes a la corona se harán de acuerdo con lo que se establece en el numeral 220.5 del Artículo 220, “Terraplenes”.

221.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**221.5.2.1 Calidad de los materiales**

De cada procedencia de los materiales empleados para la construcción de pedraplenes y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y a cada una de ellas se le determinarán:

- La granulometría, según la norma de ensayo INV E-123;
- El desgaste en la máquina de los Ángeles, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-219.

Los resultados de los ensayos anteriores deberán satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 221.2, so pena del rechazo de los materiales defectuosos.

Durante la etapa de producción, el Interventor examinará las diferentes descargas de los materiales y ordenará el retiro de aquellos que, a simple vista, contengan tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. Además, efectuará las verificaciones periódicas de calidad del material que se indican en la Tabla 221 - 2.

Tabla 221 - 2. Verificaciones periódicas de calidad de los materiales

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Granulometría	E-123	Una (1) vez por jornada
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-219	Una (1) vez al mes

El Interventor podrá autorizar el empleo de partículas con tamaño superior a los dos tercios ($2/3$) del espesor de la capa compactada en la construcción del cimientó y el núcleo, si considera que todos los vacíos son ocupados por material más fino, de modo de formar una masa densa y compacta.

En la construcción de la transición, el Interventor exigirá que la gradación de los materiales empleados se ajuste totalmente a las indicaciones del numeral 221.4.3, sin tolerancia alguna.

221.5.2.2 Calidad del producto terminado

El Interventor exigirá que:

- Los taludes terminados no acusen irregularidades a la vista.
- La distancia entre el eje del proyecto y el borde del pedraplén no sea menor que la distancia señalada en los planos o modificada por él.

- Las cotas de terminación de la transición del pedraplén, conformado y compactado, no varíen en más de cincuenta milímetros (50 mm) de las proyectadas, aceptándose solamente tolerancia hacia abajo.

Teniendo en cuenta que la densidad de las capas no se puede verificar por métodos convencionales, ésta se considerará satisfactoria después de que el equipo de compactación pase sobre cada capa el número de veces definido en la fase de experimentación.

Todas las irregularidades que excedan las tolerancias de la presente especificación deberán ser corregidas por el Constructor, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

221.6 MEDIDA

La unidad de medida para los pedraplenes será el metro cúbico (m^3) de material compactado, aceptado por el Interventor, en su posición final, aproximado al metro cúbico completo. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

Los volúmenes de pedraplén serán medidos con base en las áreas de las secciones transversales del proyecto localizado, verificadas por el Interventor antes y después de ser ejecutados los trabajos de pedraplenes. Dichas áreas estarán limitadas por las siguientes líneas de pago:

- a) Las líneas del terreno (terreno natural o descapotado, afirmado existente, cunetas y taludes existentes);
- b) Las líneas del proyecto (línea inferior de la corona, cunetas y taludes proyectados).

En aquellas zonas en que el pedraplén se construya sobre terrenos inestables, mediante el proceso de desplazamiento, el volumen de pedraplén empleado hasta alcanzar el nivel del terreno original, se medirá en metros cúbicos sueltos (m^3), aproximados al metro cúbico completo, los cuales serán verificados por el Interventor con base en el número de viajes vertidos.

No habrá medida de pedraplenes por fuera de las líneas del proyecto o de las establecidas por el Interventor, elaborados por el Constructor por negligencia o conveniencia para la operación de sus equipos.

Los rellenos con materiales sobrantes de excavación o de derrumbes que se coloquen sobre taludes de pedraplenes terminados no se medirán; su colocación y conformación deberán ser cubiertas con los Artículos 210, "Excavación de la explanación, canales y préstamos" y 211, "Remoción de derrumbes", respectivamente.

221.7 FORMA DE PAGO

El trabajo de pedraplenes se pagará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada satisfactoriamente de acuerdo con la presente especificación y aceptada por el Interventor. El precio unitario deberá cubrir los costos inherentes a los trabajos de preparación de la superficie de apoyo del pedraplén, la colocación, conformación y compactación de los materiales utilizados en la construcción de los pedraplenes y, en general, todo costo relacionado con su correcta construcción, de acuerdo con esta especificación, los planos del proyecto y las instrucciones del Interventor.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

Habrá pago separado para los diversos ítem relacionados con el descapote, los cortes de los taludes de los pedraplenes por ampliar, el drenaje de las áreas que hayan de recibir los pedraplenes y la demolición y remoción de estructuras y obstáculos existentes, de acuerdo con los Artículos 210, "Excavación de la explanación, canales y préstamos"; 600, "Excavaciones varias"; 673, "Subdrenes con geotextil y material granular" y 201, "Demolición y remoción".

Los materiales para pedraplén se pagarán de acuerdo con lo indicado en el Artículo 210, "Excavación de la explanación, canales y préstamos".

El transporte de todos los materiales del pedraplén se pagará conforme se indica en el Artículo 900, "Transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes".

Si la preparación de la superficie de apoyo requiere la utilización de geosintéticos, éstos se pagarán con cargo a la especificación particular que se establezca para

dicho trabajo. La corona del pedraplén se medirá y pagará conforme se indica en el Artículo 220, “Terraplenes”.

221.8 ÍTEM DE PAGO

221.1	Pedraplén compacto	Metro cúbico (m ³)
221.1	Pedraplén suelto	Metro cúbico (m ³)

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

TERRAPLENES REFORZADOS CON GEOSINTÉTICOS

ARTÍCULO 223 – 13

223.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la construcción de terraplenes reforzados con geosintéticos, en los sitios y con las dimensiones señalados en los planos del proyecto o indicados por el Interventor.

El sistema de terraplenes reforzados con geosintéticos aplica para taludes con inclinación máxima de 70°.

223.2 MATERIALES

223.2.1 Geosintéticos

Los geosintéticos para el refuerzo de terraplenes podrán ser geotextiles o geomallas fabricados para aplicaciones de refuerzo. El tipo y las propiedades requeridas del geosintético serán los establecidos en los documentos del proyecto; las propiedades de los geosintéticos relacionadas con los requisitos de diseño serán, como mínimo, las indicadas en la Tabla 223-1.

Las propiedades de los geosintéticos se expresan en general en términos de valores mínimos promedio por rollo (VMPR). El valor mínimo promedio por rollo (VMPR) es una herramienta de control de calidad que le permite a los fabricantes establecer los valores en sus certificados de manera que el comprador tenga un nivel de confianza del 97.7 % de que las propiedades, medidas sobre el producto que compra, cumplen con los valores certificados. Para datos que tengan una distribución normal, el valor VMPR se calcula como el valor típico menos dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores mínimos, o más dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores máximos.

Los valores promedio de los resultados de los ensayos practicados a cualquier rollo deberán satisfacer los requisitos establecidos en este Artículo.

Tabla 223 - 1. Propiedades de los geosintéticos relacionadas con los requisitos de diseño

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO ASTM	REQUISITO
Resistencia a la tensión última en la dirección del refuerzo, mínimo (kN/m): - Geotextiles - Geomallas	D 4595 D 6637	Según lo establecido en los documentos del proyecto
Resistencia a la tensión a largo plazo del geosintético en la dirección del refuerzo, mínimo (kN/m):	Numeral 223.2.1.1	Según lo establecido en los documentos del proyecto
Resistencia de las uniones o nodos de las geomallas	GRI GG2	Según lo establecido en los documentos del proyecto
Coefficiente de interacción geosintético/suelo por extracción para el tipo de relleno contemplado en el proyecto, mínimo	D 6706	0.85
Coefficientes de deslizamiento pico y residual en la interfaz geosintético/suelo, para el tipo de relleno contemplado en el proyecto, mínimo	D 5321	Según lo establecido en los documentos del proyecto
Estabilidad ultravioleta: resistencia retenida después de 500 horas de exposición, valor mínimo (%)	D 4355	70

Nota 1: GRI método de ensayo del Geosynthetic Research Institute

223.2.1.1 Resistencia a largo plazo

Los valores de resistencia a largo plazo de los geosintéticos deberán cumplir los requisitos establecidos en los documentos del proyecto; estos valores se deberán determinar a partir de la resistencia última, aplicando los factores de reducción (ecuación 223.1) determinados mediante ensayos o establecidos como valores por defecto, según las recomendaciones de las siguientes guías del *Geosynthetic Research Institute* (Instituto de Investigaciones sobre Geosintéticos):

- GRI GG4(a) *Determination of the Long-Term Design Strength of Stiff Geogrids* (Determinación de la resistencia a largo plazo de geomallas rígidas);
- GRI GG4(b) *Determination of the Long-Term Design Strength of Flexible Geogrids* (Determinación de la resistencia a largo plazo de geomallas flexibles);
- GRI GT7 *Determination of Long-Term Design Strength of Geotextiles* (Determinación de la resistencia a largo plazo de geotextiles).

$$RF = RF_{ID} \times RF_{CR} \times RF_D \quad [223.1]$$

Siendo:

RF = Factor de reducción de resistencia combinado, que tiene en cuenta el potencial de degradación a largo plazo debido a daños de instalación, fluencia y degradación química y biológica.

RF_{ID} = Factor de reducción de resistencia para tener en cuenta los daños de instalación.

RF_{CR} = Factor de reducción de resistencia para prevenir la rotura del refuerzo a largo plazo por fluencia (creep).

RF_D = Factor de reducción de resistencia para prevenir la rotura del refuerzo por degradación química y biológica.

Así mismo, se deberán tener en cuenta los criterios indicados en las siguientes publicaciones de la AASHTO y la FHWA:

- AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Customary U.S. Units.
- FHWA-NHI-00-043, *Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes – Design & Construction Guidelines* (Guías de diseño y construcción de muros de

tierra mecánicamente estabilizada y taludes de suelo reforzado).

- FHWA-NHI-10-024, *Design and Construction of Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes – Volume I* (Diseño y construcción de muros de tierra mecánicamente estabilizada y taludes de suelo reforzado - volumen I).
- FHWA-NHI-10-025, *Design and Construction of Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes – Volume II* (Diseño y construcción de muros de tierra mecánicamente estabilizada y taludes de suelo reforzado - volumen II)

El Constructor deberá entregar las certificaciones de los ensayos efectuados para determinar los factores de reducción específicos para las condiciones del proyecto, suministradas por el proveedor del geosintético; en ausencia de estos ensayos, se deberán emplear los valores por defecto mencionados en las guías del *Geosinthetic Research Institute* y de la FHWA.

Para la determinación de los factores de reducción se deberán tener en cuenta, además, las consecuencias que pueda tener la falla o el comportamiento deficiente del geosintético, según los criterios establecidos en los documentos de la AASHTO y la FHWA citados anteriormente.

Algunas de las pautas que se deberán tener en cuenta para la selección de los factores de reducción son las siguientes:

- Para geosintéticos que cuenten con todos los ensayos y pruebas específicas para el producto, relacionados con daños durante la instalación, fluencia (creep) y degradación (química y biológica), el valor de reducción de resistencia combinado, RF, deberá estar típicamente entre 3 y 6. En ningún caso, el valor de RF podrá ser menor que 2.0.

- Para geosintéticos que no cuenten con todos los ensayos y pruebas específicas para el producto, como soporte para la determinación de los factores de reducción, y sea necesario emplear valores por defecto, el valor de reducción de resistencia combinado, RF , no deberá ser menor que 7.0.
- El período de diseño para la selección de los factores de reducción será el definido en los documentos del proyecto, pero no será menor de 100 años para obras permanentes.
- El factor de reducción por daños durante la instalación, RF_{ID} , se deberá escoger en función del tipo de material de relleno por emplear.
- En cualquier caso, los valores de RF_{ID} y RF_D no podrán ser menores a 1.1.

223.2.1.2 Empalmes en la dirección del refuerzo

Si los documentos del proyecto contemplan la ejecución de empalmes en la dirección del refuerzo (costuras de geotextiles o empalmes mecánicos de geomallas), las resistencias última y a largo plazo a la tensión de esos empalmes, en la dirección perpendicular al empalme, deberán cumplir con los valores especificados en la Tabla 223 – 1; la medición de la resistencia última y el cálculo de la resistencia a largo plazo de los empalmes se realizarán con los mismos procedimientos de ensayo y análisis que se utilizan para determinar las resistencias del geosintético.

223.2.1.3 Documentación de soporte de la resistencia a largo plazo

Para la aprobación de los geosintéticos de refuerzo, el fabricante o proveedor deberá suministrar la información que se menciona en la Tabla 233 – 2, relacionada con la resistencia a largo plazo para diseño.

Tabla 223 - 2. Información de soporte para la determinación de la resistencia a largo plazo de los geosintéticos

PROPIEDAD	MÉTODO o NORMA DE ENSAYO
Comportamiento en fluencia para un rango de niveles de carga, para una duración mínima de 10,000 horas	ASTM D 5262
Resultados de ensayos de laboratorio y metodología para la extrapolación de los datos de fluencia para 75 y 100 años	FHWA-NHI-10-025 Vol II Apéndice D
Resistencia última a la tensión: <ul style="list-style-type: none"> - Geotextiles - Geomallas Los ensayos se ejecutarán a una tasa de deformación de 10 % por minuto	ASTM D 4595 ASTM D 6637
Resultados de ensayos de laboratorio y técnicas de extrapolación que documenten las siguientes características para todos los componentes del geosintético: <ul style="list-style-type: none"> - Resistencia a la hidrólisis del poliéster (PET) - Resistencia a la oxidación del polipropileno (PP) y polietileno de alta densidad (HDPE) - Resistencia al agrietamiento por esfuerzos del polietileno de alta densidad (HDPE) - Factores de seguridad parciales por degradación por envejecimiento para 75 y 100 años. 	Métodos recomendados en el documento FHWA RD 97-144
Resultados de ensayos de campo y laboratorio, así como criterios utilizados de la literatura especializada, que soporten los factores de reducción por deterioro en la instalación en función de la gradación del material de relleno	Guías del documento FHWA-NHI-10-025 Vol II
Resultados de ensayos de laboratorio y metodología para la extrapolación que documenten la resistencia a la degradación biológica de todos los materiales que componen el geosintético y los valores de reducción correspondientes <i>(Nota 1)</i>	Guías del documento FHWA-NHI-10-025 Vol II
Resistencia de las uniones o nodos de las geomallas	GRI GG2
Coeficientes de interacción geosintético/suelo por extracción para varios tipos de suelo	ASTM D 6706
Coeficientes de deslizamiento en las interfaces geosintético/suelo, para varios tipos de suelo, y	ASTM D 5321

PROPIEDAD	MÉTODO o NORMA DE ENSAYO
geosintético/geosintético	
Información sobre la resina primaria usada en la fabricación del geosintético: <ul style="list-style-type: none"> - Resina tipo HDPE (polietileno de alta densidad): identificación de tipo, clase, grado y categoría - Resina tipo PP (polipropileno): identificación de grupo, clase y grado - Resina tipo PET (poliéster): <ul style="list-style-type: none"> - viscosidad intrínseca mínima - grupo carboxilo final máximo 	ASTM D 1248 ASTM D 4101 ASTM D 4603 ASTM D 2455
Estabilidad ultravioleta mínima	ASTM D 4355

Nota 1: Para proyectos con riesgo de que se presente degradación biológica.

223.2.1.4 Control de calidad de la producción

El fabricante de los geosintéticos deberá contar con un proceso de producción que cuente con un sistema de gestión de la calidad certificado bajo la norma ISO 9001. El laboratorio, propio o externo, que se use para realizar los ensayos de control de la calidad de la producción, deberá estar acreditado bajo la norma ISO/IEC 17025 o contar con una acreditación GAI-LAP del Instituto de Acreditación de Geosintéticos, GAI.

El fabricante o proveedor deberá suministrar el programa de control de calidad y los datos de soporte, donde se indiquen los requisitos de ensayos, los métodos de ensayo, la frecuencia de los ensayos, los criterios de aceptación en la fabricación y el tamaño del lote para evaluación de cada producto; los criterios de aceptación contemplados en el programa de control de calidad del fabricante deberán incluir, como mínimo, las propiedades indicadas en la Tabla 223 – 3, evaluadas bajo las normas de ensayo allí citadas.

Tabla 223 - 3. Criterios mínimos de aceptación que debe contemplar el programa de control de calidad del fabricante

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO ASTM
Resistencia a la tensión: - Geotextiles: resistencia en tira ancha - Geomallas: resistencia individual de las costillas	D 4595 D 6637
Resistencia de las uniones o nodos de las geomallas	GRI GG2
Productos de polietileno de alta densidad (HDPE): - Gravedad específica - Índice de fluidez	D 1505 D 1238
Productos de polipropileno (PP): - Índice de fluidez	D 1238
Resina de poliéster (PET): - Viscosidad intrínseca - Grupo carboxilo final	D 4603 D 2455

223.2.1.5 Geotextiles

En general, se podrán emplear geotextiles tejidos elaborados a partir de polímeros sintéticos de cadena larga, compuestos de un porcentaje mínimo del 95 % en masa de poliolefinas o poliéster; las fibras del geotextil deberán conformar una red estable que mantenga la estabilidad dimensional entre ellas, incluyendo los bordes. El geotextil deberá permitir el libre paso del agua en todo momento.

El geotextil deberá ser fabricado con un 100 % de resina virgen, con un máximo de 5 % de material re-molido en planta. La resina de poliéster deberá tener un peso molecular mínimo de 20,000 (métodos de ensayo GRI-GG6 y ASTM D 4603) y un grupo carboxilo final máximo de 50 (método de ensayo GRI-GG7); los productos de polietileno y polipropileno deberán ser estabilizados con antioxidantes de largo plazo.

Las propiedades mecánicas por supervivencia y las propiedades hidráulicas serán las establecidas en los documentos del proyecto; en este numeral se indican las propiedades mínimas que deberá tener el geotextil.

223.2.1.5.1 Propiedades mecánicas por supervivencia a la instalación

Las propiedades mecánicas para condiciones normales de instalación se especifican en la Tabla 223 - 4, en términos de Valores Mínimos Promedio por Rollo (VMPR).

Tabla 223 - 4. Propiedades mecánicas del geotextil por supervivencia en términos de VMPR
(Medidas en el sentido más débil del geotextil)

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO ASTM	REQUISITO
Elongación, valor máximo	D 4632	50 %
Peso por unidad de área, mínimo (g/m ²)	D 5261	270
Resistencia a la tensión Grab, valor mínimo (N)	D 4632	1400
Resistencia de la costura a tensión Grab, valor mínimo (N)	D 4632	1260
Resistencia a la penetración con pistón de 50 mm de diámetro, valor mínimo (N)	D 6241	2750
Resistencia al rasgado trapezoidal, valor mínimo (N) (Nota 1)	D 4533	500

Nota 1: El VMPR para la resistencia al rasgado trapezoidal de los geotextiles tejidos monofilamento deberá ser de 250 N.

223.2.1.5.2 Propiedades hidráulicas

El geotextil de refuerzo deberá ser permeable; deberá permitir el flujo libre del agua dentro del relleno, sin atraparla ni generar empozamientos. Salvo que los documentos del proyecto indiquen

otra cosa, las propiedades hidráulicas que deberá cumplir el geotextil se indican en la Tabla 223 - 5, en términos de Valores Mínimos Promedio por Rollo (VMPR).

Tabla 223 - 5. Propiedades hidráulicas del geotextil en términos de VMPR

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO ASTM	REQUISITO
Permitividad, valor mínimo (s^{-1})	D 4491	0.5
Permeabilidad, valor mínimo (cm/s)	D 4491	Según lo establecido en los documentos del proyecto. Debe ser mayor que la permeabilidad del suelo.

223.2.1.6 Geomallas

La geomalla deberá tener una geometría regular de elementos resistentes a la tensión interconectados, con apertura suficiente para permitir una adecuada trabazón mecánica con los materiales de relleno; deberá ser capaz de mantener su estabilidad dimensional durante su instalación y el tráfico normal de construcción que circule sobre la capa de relleno que se coloque sobre ella. Debe resistir el daño durante construcción, la degradación ultravioleta y debe tener resistencia a largo plazo a la degradación química y biológica.

La geomalla de refuerzo deberá ser, preferiblemente, uniaxial.

La geomalla deberá ser fabricada con un 100 % de resina virgen consistente en polietileno, polipropileno o poliéster, con un máximo de 5 % de material re-molido en planta. La resina de poliéster deberá tener un peso molecular mínimo de 25,000 (métodos de ensayo GRI-GG6 y ASTM D 4603) y un grupo carboxilo final máximo de 30 (método de ensayo GRI-GG7); los productos de polietileno y polipropileno deberán ser estabilizados con antioxidantes de largo plazo.

El fabricante deberá documentar la supervivencia de las uniones a la instalación mediante pruebas a escala real, según la norma ASTM D 5818, que demuestren la integridad de las mismas bajo las condiciones del proyecto (suelo de apoyo, espesor de capas, materiales de relleno, equipo de construcción). La geomalla se cubrirá con una capa de material de relleno de 15 cm de espesor mínimo y será sometida al paso repetido de una volqueta cargada hasta producir un ahuellamiento de 10 cm; el informe de las pruebas deberá incluir un registro fotográfico de la geomalla recuperada, que muestre claramente que las uniones no se han desplazado ni sufrido deterioro alguno durante el proceso de instalación.

223.2.1.7 Suministro y manejo de los geosintéticos

El geosintético que se suministre deberá estar debidamente empacado; la identificación, el almacenamiento y el manejo de los rollos de geosintético se deberán hacer atendiendo lo dispuesto en la norma ASTM D 4873.

Los rollos de geosintético se deberán almacenar, preferiblemente, en sitios cubiertos y protegidos de la luz solar. Si el almacenamiento se hace a la intemperie, el empaque deberá ser opaco e impermeable y los rollos de geosintético se deberán colocar elevados sobre soportes o estantes y no sobre el piso.

Los rollos de geosintéticos no podrán ser arrastrados, izados por un extremo, levantados por medio de cables o cadenas o lanzados al piso.

223.2.2 Material de relleno

Los documentos del proyecto definirán los requisitos que deberá cumplir el material de relleno, el cual podrá ser: recebo (Artículo 610, numeral 610.2.2), material granular tipo SBG (Artículo 610, numeral 610.2.3), material granular tipo BG (Artículo 610, numeral 610.2.3), o un material de características diferentes, definidas en los documentos del proyecto. El tamaño máximo del agregado deberá ser de 19 mm (3/4").

El pH del material de relleno, determinado según la norma de ensayo AASHTO T 289, deberá estar entre 5.0 y 9.0. El contenido de materia orgánica, determinado según la norma de ensayo INV E-121 para la porción de material que pasa el tamiz de 2 mm (No. 10), no podrá ser mayor que 1 %.

223.2.3 Materiales accesorios

Los materiales accesorios, tales como grapas, arandelas, elementos de fijación y demás elementos necesarios para la instalación del geosintético, deberán cumplir con los requisitos establecidos por el fabricante del mismo.

223.3 EQUIPO

Se deberá disponer de los equipos necesarios para instalar los geosintéticos correctamente, así como de elementos de corte y costura y, además, de todos aquellos que se requieran para explotar, procesar, cargar, transportar, extender y compactar el material de relleno, de conformidad con esta especificación y los planos del proyecto o las instrucciones del Interventor.

El equipo que se use para compactar las capas de relleno sobre el geosintético deberá ser acorde con la clase del geosintético, el espesor de capa y las características de los materiales de apoyo y de relleno.

223.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

223.4.1 Generalidades

Durante el transporte y el almacenamiento, los geosintéticos deberán tener empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo, y otros materiales que puedan afectar sus propiedades.

El Constructor deberá presentar al Interventor, para su aprobación, los planos detallados de disposición de los geosintéticos, secuencias y procedimientos constructivos, con los detalles de los empalmes (traslapes, empalmes mecánicos, etc), con anticipación no menor a 7 días con respecto a la iniciación de la instalación del geosintético.

La colocación del geosintético y la colocación, conformación y compactación del material de cobertura se deben realizar de manera que el geosintético quede expuesto el menor tiempo posible.

223.4.2 Preparación del terreno

Antes de iniciar la construcción de los terraplenes reforzados con geosintéticos, el terreno de apoyo deberá ser preparado como se indica en el numeral 220.4.2 del Artículo 220, "Terraplenes".

La superficie deberá quedar nivelada y deberá ser firme. La firmeza se comprobará por medio del paso de una volqueta completamente cargada; toda zona débil deberá ser excavada y reemplazada con un suelo adecuado y compactado. La superficie preparada del terreno deberá ser inspeccionada y aprobada por el Interventor.

La superficie del terreno de apoyo preparado deberá estar libre de rocas, piedras grandes u otros elementos que puedan deteriorar el geosintético.

223.4.3 Colocación de los geosintéticos

223.4.3.1 Extensión

El geosintético de refuerzo se deberá instalar de acuerdo con las recomendaciones del fabricante; se colocará entre las capas de relleno compactado, según lo indicado en los planos y demás documentos del proyecto, con los ajustes y modificaciones que apruebe el Interventor.

Los rollos se deberán extender en la dirección del refuerzo principal, perpendiculares al talud (vista en planta), sobre la superficie compactada y aceptada del terreno de apoyo o de la capa subyacente de relleno, sin arrugas o dobleces. No se permitirán empalmes en la dirección del refuerzo, a no ser que éstos se muestren en los planos. Los geosintéticos se deberán instalar según las cotas de los planos, sin que difieran de éstas en más de 75mm, y en una longitud nunca menor que la señalada en ellos.

El geosintético se deberá templar manualmente y asegurar a la superficie para mantener la tensión y prevenir movimientos durante la colocación del relleno; la sujeción a

la superficie se deberá hacer según las recomendaciones del fabricante, por medio de grapas o elementos similares.

Los rollos adyacentes se colocarán sin traslapo entre ellos, a no ser que los documentos del proyecto indiquen otra cosa; estos podrán indicar, también, que se deje una separación entre rollos, sin que ésta sea mayor que 1.0 m. El traslapo (mínimo de 15 cm) o conexión mecánica entre rollos adyacentes es indispensable cuando los planos del proyecto indiquen que el geosintético debe envolver la superficie del talud; las conexiones mecánicas (costuras de geotextiles o ganchos en geomallas, etc) se deberán hacer usando los materiales y siguiendo las recomendaciones del fabricante del geosintético.

No se permitirá que el geosintético quede expuesto, sin cubrir, por un lapso mayor a tres (3) días.

Bajo ninguna circunstancia se permitirá la circulación de equipos sobre el geosintético antes de que esté cubierto con una capa de relleno de por lo menos 15 cm de espesor. Se debe evitar el frenado brusco o los giros cerrados que ocasionen algún desplazamiento del material de relleno.

223.4.3.2 Empalmes

No se permiten los empalmes de geosintéticos en la dirección del refuerzo, a no ser que su uso esté expresamente indicado en los planos del proyecto.

En caso de que estén contemplados en los documentos del proyecto, los empalmes (costuras de geotextiles o empalmes mecánicos de geomallas) se deberán realizar según las recomendaciones del fabricante del geosintético y deberán cumplir los requisitos de capacidad última y a largo plazo establecidos en el numeral 223.2.1.2.

223.4.3.3 Construcción de la cara del talud

Si los documentos del proyecto muestran que los geosintéticos no envuelven la superficie del talud, lo cual puede ser factible para taludes con inclinación no mayor a

1H:1V contruidos con una separación pequeña entre niveles de geosintético (cada capa o cada dos capas de relleno, pero no mayor que 40 cm), el geosintético se deberá extender hasta la cara del talud.

Si los documentos del proyecto indican que la superficie del talud debe ser envuelta por los geosintéticos, las tiras de geosintético de refuerzo deberán dar vuelta y regresar al terraplén en una longitud no menor de 1.25 m, o la mostrada en los planos del proyecto, debajo del siguiente nivel de refuerzo, cubriendo completamente la cara del talud; la longitud de retorno del geosintético de envoltura que servirá de anclaje deberá enterrarse dentro del relleno para que no quede en contacto directo con el geosintético del siguiente nivel. Para taludes con fuerte pendiente, se requiere de una formaleta para soportar la cara durante su construcción.

En el caso de refuerzo con geomallas, los planos podrán indicar la colocación de un geotextil detrás de la geomalla que envuelve la cara del talud para retener el material de relleno.

223.4.4 Colocación del material de relleno

El relleno se efectuará por capas sensiblemente horizontales; la operación de extensión del material de relleno sobre el geosintético se deberá realizar cuidadosamente, empleando un método que no dé lugar a daños en el mismo. No se permitirá el tránsito de maquinaria sobre el geosintético hasta que se conforme y compacte adecuadamente la primera capa de relleno sobre el mismo. En el caso de geotextiles, no se permitirá el giro de maquinaria sobre la primera capa de relleno sobre él.

El espesor de la primera capa compactada de material de cobertura sobre el geosintético deberá estar definido en los documentos del proyecto, en función de la granulometría del material, de las características del geosintético y del equipo de construcción. En general, para materiales pétreos de tamaño máximo igual o mayor a treinta milímetros (≥ 30 mm), el espesor de la primera capa compactada de material de cobertura deberá ser de veinte centímetros como mínimo (≥ 20 cm); para materiales pétreos de tamaño máximo menor de treinta milímetros (< 30 mm), el espesor de la primera capa compactada deberá ser de quince centímetros como mínimo (≥ 15 cm).

El material de relleno se deberá compactar con el equipo adecuado, hasta lograr el grado de compactación definido en el numeral 223.5.2.3.2, antes de comenzar las labores de colocación de la siguiente capa. El relleno se llevará a cabo hasta la cota indicada en los planos o la ordenada por el Interventor.

En la cercanía la talud (1 o 1.5m), se deberán utilizar equipos manuales para garantizar la adecuada compactación de esta zona; en este caso, el espesor de capas deberá reducirse para que los equipos manuales permitan alcanzar el grado de compactación especificado.

223.4.5 Protección de la cara del talud

Los documentos del proyecto podrán indicar algún sistema de protección de la cara del talud. En ningún caso, los geosintéticos que envuelven la cara del talud deben quedar expuestos a la luz solar, para evitar su deterioro con el tiempo.

223.4.5.1 Empradización de la cara del talud con bloques de césped

Los documentos del proyecto pueden requerir que la fachada sea empradizada mediante la instalación de bloques de césped contra los geosintéticos de fachada, que en este caso deberán ser geomallas para que permitan que el césped atraviese sus espacios libres.

Los bloques de césped deberán cumplir los requisitos establecidos en el Artículo 810, numeral 810.2.1, y se deberán instalar, regar y conservar según lo indicado en los numerales 810.4.3 y 810.4.7 del mismo Artículo.

223.4.5.2 Protección de la cara del talud con productos enrollados para control de erosión

Si los documentos del proyecto indican que la cara del talud se debe proteger con algún tipo de producto enrollado para control de erosión, el trabajo correspondiente se deberá ejecutar según el Artículo 811.

223.4.5.3 Protección de la cara del talud con malla y mortero

Si los documentos del proyecto indican que la cara del talud se debe proteger con malla de alambre de acero y mortero de cemento hidráulico, el trabajo correspondiente se deberá ejecutar según el Artículo 812.

223.4.5.4 Otros tipos de protección de la cara del talud

La construcción de otros tipos de protección de la cara del talud que se especifiquen en los documentos del proyecto se realizará de acuerdo con la especificación particular correspondiente.

223.4.6 Protección de la superficie superior del terraplén

Si la superficie final del terraplén reforzado con geosintéticos no va a ser la superficie definitiva, aquella no deberá quedar expuesta a las condiciones atmosféricas; por lo tanto, la capa superior proyectada se deberá construir en forma inmediata una vez terminada la compactación y el acabado final de aquella. Será responsabilidad del Constructor la reparación de cualquier daño que ocurra en el terraplén por la demora en la construcción de la capa siguiente.

223.4.7 Control del tránsito

El Constructor deberá instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, los cuales deberán garantizar la seguridad permanente, tanto del personal y de los equipos de construcción, como de usuarios y transeúntes.

223.4.8 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá adelantar los trabajos objeto del presente Artículo cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a dos grados Celsius (2° C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

Los trabajos se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si

el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

223.4.9 Manejo ambiental

Al respecto, rige en un todo lo especificado en el Artículo 106, "Aspectos ambientales".

223.4.10 Reparaciones

Todos los defectos que se presenten en la extensión, en los traslapos, en las costuras, en los cortes o en los dobleces del geosintético; en la extensión y compactación del material de relleno; así como los que se deriven de un incorrecto control del tránsito recién terminados los trabajos, deberán ser corregidos por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones del Interventor, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

223.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

223.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Verificar que cada rollo de geosintético tenga en forma clara la información del fabricante, el número del lote y la referencia del producto, así como la composición química del mismo.
- Comprobar que durante el transporte y el almacenamiento, los geosintéticos tengan los empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo, y otros materiales que puedan afectar sus propiedades.
- Verificar que el sistema de almacenamiento garantice la protección de los geosintéticos contra cualquier tipo de deterioro.

- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado en cuanto a la colocación del geosintético y la construcción de las capas de relleno.
- Verificar que los diferentes niveles de geosintéticos para la construcción del terraplén reforzado sean colocados con las separaciones definidas en los documentos del proyecto, con los ajustes que haga el Interventor.
- Efectuar ensayos de control sobre el geosintético en un laboratorio independiente al del fabricante o del proveedor, y los ensayos pertinentes al material de cobertura.
- Efectuar ensayos de control de calidad sobre el material de relleno.
- Comprobar la compactación de las capas de relleno.

El Interventor medirá, para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado.

223.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

223.5.2.1 Calidad del geosintético

Por cada lote de rollos que llegue a la obra, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante del geosintético, donde se establezca el nombre del producto, la composición química y toda la información que lo describa, así como los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer todas las condiciones establecidas en los documentos del proyecto o en las Tablas 223 - 1, 223 - 4 y 223 - 5, según los que prevalezcan. El Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de geosintéticos que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Dicha constancia no evitará, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del Interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega.

Además, el Interventor deberá escoger al azar un número de rollos equivalente a la raíz cúbica del número total de rollos

que conformen el lote. Se evaluarán rollos estándar con un área entre cuatrocientos y seiscientos metros cuadrados (400 y 600 m^2) cada uno. En el caso de rollos con áreas diferentes, el total de metros cuadrados se deberá convertir a unidades de rollos equivalentes de quinientos metros cuadrados (500 m^2).

De cada rollo se deberán descartar las dos primeras vueltas de geosintético para el muestreo. Posteriormente, se deberá tomar una muestra, como mínimo de un metro lineal (1 m) por el ancho correspondiente al rollo, verificando que esté totalmente seca y limpia.

Para la evaluación de las costuras en los geotextiles, se deberán tomar muestras de juntas cosidas cuyo largo sea al menos dos metros (2 m) en el sentido de la costura, y cuyo ancho sea al menos uno punto cinco metros (1.5 m).

El número de especímenes para ensayo y la conformidad con las especificaciones se determinará según las normas de ensayo ASTM D 4354 y ASTM D 4759. Los especímenes, debidamente identificados (número de lote, referencia del producto, etc.), se deberán empacar y enviar a un laboratorio distinto al del fabricante, para la realización de las pruebas especificadas en los documentos del proyecto o las Tablas 223 - 6 y 223 - 7, según corresponda.

Tabla 223 - 6. Pruebas de verificación de la calidad del geotextil

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO ASTM
Propiedades de refuerzo	
Resistencia última a la tensión en prueba de tira ancha (kN/M)	D 4595
Resistencia última a la tensión de las costuras, medida perpendicularmente al empalme (kN/m)	D 4884
Área abierta, como % del área total	Medido
Tamaño de abertura, mm	Medido
Propiedades de supervivencia	
Elongación (%)	D 4632

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO ASTM
Peso por unidad de área (g/m ²)	D 5261
Resistencia a la tensión Grab (N)	D 4632
Resistencia de la costura a tensión Grab (N)	D 4632
Resistencia a la penetración con pistón de 50 mm de diámetro (N)	D 6241
Resistencia al rasgado trapezoidal (N)	D 4533
Estabilidad ultravioleta: resistencia retenida después de 500 horas de exposición (%)	D 4355
Propiedades hidráulicas	
Permitividad (s ⁻¹)	D 4491
Permeabilidad (cm/s)	D 4491

Tabla 223 - 7. Pruebas de verificación de la calidad de la geomalla

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO
Propiedades de refuerzo	
Resistencia última a la tensión del geosintético en prueba con costillas múltiples (kN/m)	ASTM D 6637
Resistencia última a la tensión de los empalmes mecánicos, medida perpendicularmente al empalme (kN/m)	ASTM D 6637
Área abierta, como % del área total	Medido
Tamaño de abertura, mm	Medido
Propiedades de supervivencia	
Resistencia de las uniones o nodos (N)	GRI GG2
Estabilidad ultravioleta: resistencia retenida después de 500 horas de exposición (%)	D 4355

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en la Tablas 223 - 1, 223 - 4 y 223 - 5, o los se establezcan en los documentos técnicos del proyecto, según los que prevalezcan. No se aceptarán geosintéticos rasgados o usados; en el caso de los geotextiles, no se aceptará la presencia de agujeros en ellos.

223.5.2.2 Calidad del material de relleno

La calidad del material de relleno se evaluará en función de las características del mismo y de los requisitos aplicables de las presentes especificaciones, según sea el tipo de material por utilizar, de acuerdo con lo señalado en el numeral 223.2.2.

223.5.2.3 Calidad del producto terminado**223.5.2.3.1 Acabado**

El geosintético instalado deberá tener las dimensiones establecidas y deberá estar libre de dobleces y arrugas; deberá estar templado y sujeto a la superficie de apoyo, según lo indicado en el numeral 223.4.3. Los empalmes deberán tener las características y dimensiones definidas para el proyecto, según se establece en el numeral 223.4.3.2.

Cada capa terminada de relleno deberá presentar una superficie uniforme, ajustada a la rasante y a las pendientes establecidas.

Los taludes terminados no deberán acusar irregularidades a la vista.

La distancia entre el eje del proyecto y el borde del relleno no será menor que la distancia señalada en los planos o modificada por el Interventor.

La cota de cualquier punto de la capa final del relleno, conformada y compactada, no deberá variar en más de treinta milímetros (30 mm) de la cota proyectada, medida verticalmente hacia abajo; si la capa final del relleno corresponde a la subrasante del pavimento, en ningún caso la cota de subrasante podrá superar la cota del proyecto o la autorizada por el Interventor.

No se aceptará la presencia de irregularidades que impidan el normal escurrimiento de las aguas en las obras concluidas.

Todas las irregularidades que excedan las tolerancias de la presente especificación deberán ser corregidas por el Constructor, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

223.5.2.3.2 Compactación del relleno

Para efectos de la verificación de la compactación de cada una de las capas del relleno, se define como “lote”, que se aceptará o rechazará en conjunto, el menor volumen que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500 m) de capa compactada en el ancho total del relleno;
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²);
- El volumen de relleno colocado y compactado en una jornada de trabajo.

Los sitios para la determinación de la densidad seca de cada capa en el terreno se elegirán al azar, según la norma de ensayo INV E-730 “Selección al azar de sitios para la toma de muestras”, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro. Se deberán efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de una capa de relleno, se deberá calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones humedad-peso unitario (ensayo modificado de compactación), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{Y_{d,i}}{Y_{d,m\acute{a}x}} \times 100 \quad [223.2]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{Y_{d,i}}{C_{Y_{d,m\acute{a}x}}} \times 100 \quad [223.3]$$

Siendo:

GC_i : Valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

$Y_{d,i}$: Valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164, sin efectuar corrección de ella por presencia de sobretamaños, de manera que corresponda a la muestra total.

$Y_{d,m\acute{a}x}$: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 (ensayo modificado de compactación) sobre una muestra representativa del mismo.

$C_{Y_{d,m\acute{a}x}}$: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 sobre una muestra representativa del mismo, y corregido por sobretamaños según la norma de ensayo INV E-143, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total;

Sobretamaños (fracción gruesa) (P_{FG}): Porción de la muestra total retenida en el tamiz de

control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (norma INV E-142).

El peso unitario seco máximo corregido del material ($C_{y_{d,máx}}$) que se use para calcular el grado de compactación individual GC_i se obtendrá, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños, P_{FG} , presente en ese sitio.

Para la aceptación del lote se aplicarán los siguientes criterios:

$GC_i (90) \geq 95.0 \%$	se acepta el lote	[223.4]
$GC_i (90) < 95.0 \%$	se rechaza el lote	[223.5]

Siendo:

$GC_i(90)$: Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90%, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del Artículo 107, "Control y aceptación de los trabajos", a partir de los valores individuales del grado de compactación GC_i .

Las verificaciones de compactación se deberán efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Los terraplenes de los lotes que no alcancen las condiciones mínimas de compactación deberán ser escarificados, homogenizados, llevados a la humedad adecuada y compactados nuevamente hasta obtener el valor de la densidad seca especificada. Este procedimiento deberá ser adelantado por el Constructor de manera que no se

afecte el geosintético subyacente; si el geosintético sufre algún deterioro, se deberá remover la capa de terraplén correspondiente al lote rechazado, se deberá reemplazar el geosintético por uno nuevo y se procederá a colocar de nuevo la capa de terraplén hasta lograr el grado de compactación especificado.

223.6 MEDIDA

223.6.1 Geosintéticos

La unidad de medida de los geosintéticos será el metro cuadrado (m^2), aproximado al entero, de geosintético colocado a satisfacción del Interventor, de acuerdo con lo exigido por la presente especificación. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se medirá ningún área por fuera de tales límites, ni se considerarán, para efecto del pago, los traslajos.

223.6.2 Relleno

La unidad de medida del relleno será el metro cúbico (m^3), aproximado al metro cúbico completo, de material suministrado, colocado, compactado y terminado de acuerdo con los planos y debidamente aceptado por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se medirán cantidades en exceso de las indicadas en los documentos del proyecto u ordenadas por el Interventor.

223.7 FORMA DE PAGO

223.7.1 Geosintéticos

El pago de los geosintéticos se hará al respectivo precio unitario del contrato, por metro cuadrado (m^2), para toda obra ejecutada de acuerdo con la presente especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir el suministro, almacenamiento, transporte y colocación del geosintético; la ejecución de los traslapes, costuras, empalmes mecánicos y sujeciones, incluyendo el suministro de todos los elementos para tales labores; todo equipo y mano de obra requeridos para ejecutar esta labor y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del trabajo especificado. Además, deberá cubrir los costos por concepto de desperdicios.

El precio unitario deberá incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

223.7.2 Relleno

El precio unitario deberá cubrir los costos de extracción, preparación y suministro de los materiales en el sitio de la obra; la obtención de los permisos y derechos de explotación, la construcción o adecuación de las vías de acceso a las zonas de préstamo; la adecuación de dichas zonas una vez extraído el material, para recuperar las características hidrológicas superficiales; los cargues, transportes, compactación y conformación del relleno; los costos de los desvíos que fuese necesario construir con motivo de la ejecución de las obras; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos y el período posterior en que se deba impedir o controlar, de acuerdo con las instrucciones del Interventor; todo equipo y mano de obra requeridos para ejecutar esta labor y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del trabajo especificado. Además, deberá cubrir los costos por concepto de desperdicios.

El precio unitario deberá incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

Se pagarán por aparte las excavaciones y rellenos requeridos para la preparación de la fundación y los elementos de fachada diferentes a los geosintéticos, de acuerdo con los siguientes Artículos:

- Excavaciones: Artículo 600, "Excavaciones varias"
- Rellenos: Artículo 610, "Rellenos para estructuras"
- Protección de la fachada del muro con malla y mortero: Artículo 812, "Recubrimiento de taludes con malla y mortero".
- Empradización de la fachada con bloques de césped: Artículo 810, "Protección vegetal de taludes".

223.8 ÍTEM DE PAGO

223.1	Geotextil de refuerzo tipo ____ para terraplenes reforzados con geosintéticos	Metro cuadrado (m ²)
223.2	Geomalla de refuerzo tipo ____ para terraplenes reforzados con geosintéticos	Metro cuadrado (m ²)
223.3	Relleno tipo _____ para terraplenes reforzados con geosintéticos	Metro cúbico (m ³)

Nota: se deberá establecer un ítem de pago para cada tipo de geosintético y cada tipo de relleno que se especifique en el contrato

MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE MATERIALES

ARTÍCULO 230 – 13

230.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la disgregación del material de la subrasante existente, el eventual retiro de parte de este material, la adición de materiales, la mezcla, humedecimiento o aireación, compactación y perfilado final, de acuerdo con la presente especificación, y con las dimensiones, alineamientos y pendientes señalados en los planos del proyecto y las instrucciones del Interventor.

230.2 MATERIALES

Los materiales de adición deberán presentar una calidad tal que la capa de subrasante mejorada cumpla los requisitos exigidos para los suelos seleccionados, en el numeral 220.2 del Artículo 220, "Terraplenes".

230.3 EQUIPO

El equipo empleado para la ejecución de los trabajos de mejoramiento de la subrasante con adición de materiales deberá ser compatible con los procedimientos de ejecución adoptados y requiere aprobación previa del Interventor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de los trabajos y al cumplimiento de las exigencias de la presente especificación.

230.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

230.4.1 Generalidades

Los trabajos de mejoramiento de subrasante se deberán efectuar según procedimientos puestos a consideración del Interventor y aprobados por éste. Su avance físico se deberá ajustar al programa de trabajo.

Si los trabajos de mejoramiento de la subrasante afectaren el tránsito normal en la vía o en sus intersecciones y cruces con otras vías, el

Constructor será responsable de tomar las medidas para mantenerlo adecuadamente.

La subrasante existente se escarificará y disgregará en el espesor indicado en los documentos del proyecto, empleando procedimientos aceptables para el Interventor.

Si el proceso implica el retiro de parte del material existente, éste se cargará y transportará a las zonas aprobadas de disposición de sobrantes donde será descargado y dispuesto a satisfacción del Interventor.

El suelo de aporte para el mejoramiento se aplicará en los sitios indicados en los documentos del proyecto o definidos por el Interventor, en cantidad tal, que se garantice que la mezcla con el suelo existente cumpla las exigencias del numeral 230.2, en el espesor señalado en los planos o ajustado por el Interventor.

La mezcla del material existente disgregado y el de adición, se humedecerá o aireará hasta alcanzar la humedad apropiada y, previa la eliminación de partículas mayores de setenta y cinco milímetros (75 mm), si las hubiere, se compactará hasta obtener los niveles de densidad establecidos en el numeral 230.5.2.2.1.

230.4.2 Limitaciones en la ejecución

Los trabajos de mejoramiento de subrasantes sólo se efectuarán cuando no haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra y la temperatura ambiente, a la sombra, sea cuando menos de dos grados Celsius (2° C).

Los trabajos de mejoramiento de la subrasante se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

Se deberá prohibir la acción de todo tipo de tránsito sobre las capas en ejecución, hasta que se haya completado su compactación. Si ello no

resulta posible, el tránsito que necesariamente deba pasar sobre ellas se distribuirá de manera que no se concentren huellas de rodadas en la superficie.

230.4.3 Manejo ambiental

En relación con este tópico se consideran aplicables las recomendaciones del numeral 220.4.8 del Artículo 220, "Terraplenes". Además, se deberá prohibir el tránsito desordenado de los equipos de obra fuera de la banca de la carretera, con el fin de evitar daños innecesarios a la vegetación.

230.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

230.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se efectuarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo de construcción;
- Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo aceptados;
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo;
- Comprobar que los materiales por emplear cumplan los requisitos de calidad exigidos;
- Verificar la compactación de todas las capas de suelo que forman parte de la actividad especificada;
- Realizar medidas para determinar espesores, levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie.

230.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

230.5.2.1 Calidad de los materiales

Al respecto resulta aplicable lo descrito en el numeral 220.5.2.1 del Artículo 220, "Terraplenes", teniendo en cuenta que el producto que en definitiva constituya la subrasante

mejorada deberá cumplir los requisitos exigidos en el numeral 220.2, del mismo Artículo, para los denominados suelos seleccionados.

230.5.2.2 Calidad del producto terminado

La subrasante mejorada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. El Interventor deberá verificar, además, que:

- La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa no sea inferior a la señalada en los planos o la definida por él;
- La cota de cualquier punto de la subrasante mejorada, conformada y compactada, no varíe en más de treinta milímetros (30 mm) de la cota proyectada, aceptándose tolerancia solamente por abajo.

Así mismo, adelantará las siguientes comprobaciones:

230.5.2.2.1 Compactación

Para efectos de la verificación de la compactación de la subrasante mejorada, se define como “lote”, que se aceptará o rechazará en conjunto, la menor área que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500 m) de subrasante compactada en su ancho total;
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de subrasante compactada;
- El volumen construido con el mismo material, proveniente del mismo corte o préstamo y colocado y compactado con los mismos equipos, en una jornada de trabajo.

Los sitios para la determinación de la densidad seca en el terreno de cada capa se elegirán al azar, según la norma de ensayo INV E-730 “Selección al azar de

sitios para la toma de muestras”, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro. Se deberán efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de la subrasante mejorada, se deberá calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones humedad-peso unitario (ensayo modificado de compactación), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,m\acute{a}x}} \times 100 \quad [230.1]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,m\acute{a}x}} \times 100 \quad [230.2]$$

Siendo:

GC_i : Valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

$\gamma_{d,i}$: Valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164, sin efectuar corrección de ella por presencia de sobretamaños, de manera que corresponda a la muestra total;

$\gamma_{d,m\acute{a}x}$: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 (ensayo modificado de

compactación) sobre una muestra representativa del mismo;

$C_{y_{d,máx}}$: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 sobre una muestra representativa del mismo, y corregido por sobretamaños según la norma de ensayo INV E-143, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total;

Sobretamaños (fracción gruesa) (PFG): Porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (norma INV E-142).

El peso unitario seco máximo corregido del material ($C_{y_{d,máx}}$) que se use para calcular el grado de compactación individual GC_i se obtendrá, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños, P_{FG} , presente en ese sitio.

Para la aceptación del lote se aplicarán los siguientes criterios:

$GC_i (90) \geq 95.0 \%$	se acepta el lote	[230.3]
$GC_i (90) < 95.0 \%$	se rechaza el lote	[230.4]

Siendo:

$GC_i(90)$: Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90%, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del Artículo 107, "Control y aceptación de los trabajos", a partir de los valores

individuales del grado de compactación GC_i .

Las verificaciones de compactación se deberán efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Los lotes que no alcancen las condiciones mínimas de compactación deberán ser escarificados, homogenizados, llevados a la humedad adecuada y compactados nuevamente hasta obtener el valor de la densidad seca especificada.

230.5.2.2.2 Espesor

Sobre la base del lote escogido para el control de la compactación y en los mismos puntos de verificación, se determinará el espesor promedio de la capa compactada (e_m), el cual no podrá ser inferior al de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad [230.5]$$

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño, admitiéndose un (1) solo valor por debajo de dicho límite, siempre que este último valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.90 e_d \quad [230.6]$$

Si estos requisitos no se cumplen, el Constructor deberá escarificar la capa en un espesor mínimo de cien milímetros (100 mm), añadir el material necesario de las mismas características y recomprimir y terminar la capa conforme lo exige el presente Artículo.

Si el espesor medio resulta inferior al espesor de diseño, pero ningún valor individual es inferior al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño, el Interventor podrá admitir el espesor construido, siempre que el Constructor se comprometa, por escrito, a compensar la merma con el espesor adicional necesario de la capa superior, sin que ello implique ningún incremento en los costos para el Instituto Nacional de Vías. Si el Constructor no suscribe este compromiso, se procederá como en el párrafo anterior.

230.5.2.2.3 Planicidad

El Interventor comprobará la uniformidad de la superficie de la obra ejecutada, en todos los sitios que considere conveniente hacerlo, empleando para ello una regla de tres metros (3 m) de longitud, colocada tanto paralela como normalmente al eje de la vía, no admitiéndose variaciones superiores a quince milímetros (15 mm), para cualquier punto que no esté afectado por un cambio de pendiente. Cualquier área donde se detecten irregularidades que excedan esta tolerancia será delimitada por el Interventor, y el Constructor deberá corregirla con reducción o adición de material en capas de poco espesor, en cuyo caso, para asegurar buena adherencia, será obligatorio escarificar la capa existente y compactar nuevamente la zona afectada, hasta alcanzar los niveles de compactación exigidos en el presente Artículo.

230.5.2.2.4 Protección de la subrasante mejorada

El Constructor deberá responder por la conservación de la subrasante mejorada hasta que se coloque la capa superior y corregirá, a su costa, cualquier daño que ocurra en ella después de terminada, no atribuible a fuerza mayor o caso fortuito. Todas las áreas de subrasante mejorada donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de la presente especificación, deberán

ser corregidas por el Constructor, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

230.6 MEDIDA

La unidad de medida será el metro cuadrado (m²), aproximado al entero, de subrasante mejorada con adición de materiales en las áreas y espesores señalados en los planos o indicados por el Interventor, a plena satisfacción de éste.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No habrá medida ni pago para los mejoramientos de subrasante por fuera de las líneas del proyecto o de las establecidas por el Interventor, que haya efectuado el Constructor por negligencia, o por conveniencia para la operación de sus equipos.

230.7 FORMA DE PAGO

El trabajo de mejoramiento de la subrasante con adición de materiales se pagará al precio unitario pactado en el contrato, por toda obra ejecutada satisfactoriamente de acuerdo con la presente especificación y aceptada por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir los costos de disgregación del material, la extracción y disposición del material inadecuado, la adición del material necesario para obtener las cotas proyectadas de subrasante y cunetas, su humedecimiento o aireación, compactación y perfilado final; herramientas, equipo, mano de obra, cargues, descargues, tanto de material de adición como de los materiales removidos que no sean utilizables y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

Habrá pago separado para el suministro y transporte del material de adición, así como para el transporte del material inadecuado, de acuerdo con los Artículos 210, "Excavación de la explanación, canales y préstamos; y 900, "Transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes".

230.8 ÍTEM DE PAGO

230.1	Mejoramiento de la subrasante con adición de materiales	Metro cuadrado (m ²)
-------	---	----------------------------------

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

SEPARACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE Y CAPAS GRANULARES CON GEOTEXTIL

ARTÍCULO 231 – 13

231.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro y la instalación de geotextiles para prevenir la mezcla entre los suelos de subrasante y los materiales que conforman las capas granulares del pavimento, de conformidad con los planos del proyecto o las instrucciones del Interventor.

Para que la función de separación por parte del geotextil sea efectiva, el suelo de subrasante deberá presentar un valor de CBR mayor o igual a tres por ciento ($CBR \geq 3 \%$), determinado con el ensayo descrito en la norma INV E-169 “Relación de soporte del suelo en el terreno” o tener un valor de resistencia al corte igual o mayor a noventa kilopascales (≥ 90 kPa). La determinación de la resistencia al corte se podrá realizar con uno cualquiera de los siguientes ensayos: norma INV E-152 “Compresión inconfiada en muestras de suelos” o INV E-170 “Ensayo de corte sobre suelos cohesivos, usando la veleta de campo”. Los sitios para hacer las determinaciones serán los previstos en los planos del proyecto o los indicados por el Interventor. Adicionalmente a lo anterior, el suelo de subrasante no se podrá encontrar en condición saturada.

231.2 MATERIALES

231.2.1 Geotextil

El tipo y las propiedades requeridas del geotextil serán los establecidos en los documentos del proyecto en función de las condiciones y procedimientos de instalación, de las condiciones geomecánicas del suelo de subrasante, de la granulometría y demás características del material de cobertura y de las cargas impuestas por los equipos durante la ejecución de los trabajos. En este numeral se indican las propiedades mínimas que deberá tener el geotextil.

En general, se podrán emplear geotextiles tejidos o no tejidos, elaborados a partir de polímeros sintéticos de cadena larga, compuestos con un porcentaje mínimo del 95 % en masa de poliolefinas o poliéster. El geotextil deberá permitir en todo momento el libre paso del agua.

Las propiedades de los geotextiles se expresan en términos de valores mínimos promedio por rollo (VMPR). El valor mínimo promedio por rollo (VMPR) es una herramienta de control de calidad que le permite a los fabricantes establecer los valores en sus certificados de manera que el comprador tenga un nivel de confianza del 97.7 % de que las propiedades, medidas sobre el producto que compra, cumplen con los valores certificados. Para datos que tengan una distribución normal, el valor VMPR se calcula como el valor típico menos dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores mínimos, o más dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores máximos.

Los valores promedio de los resultados de los ensayos practicados a cualquier rollo deberán satisfacer los requisitos establecidos en este Artículo.

231.2.1.1 Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas del geotextil serán las establecidas en los documentos del proyecto, según las condiciones particulares del mismo y la clase de supervivencia que en ellos se defina; las propiedades mecánicas para su supervivencia en condiciones normales de instalación se especifican en la Tabla 231 - 1, en términos de Valores Mínimos Promedio por Rollo (VMPR).

231.2.1.2 Propiedades hidráulicas

Las propiedades hidráulicas que deberá cumplir el geotextil, salvo que los documentos del proyecto especifiquen otros requisitos, son las que se indican en la Tabla 231 - 2 en términos de Valores Mínimos Promedio por Rollo (VMPR).

Adicionalmente a los requisitos de permitividad, los documentos del proyecto podrán especificar requisitos de permeabilidad, determinada según la norma de ensayo ASTM D 4491 (por ejemplo, que sea una o varias veces superior a la permeabilidad del suelo).

Tabla 231 - 1. Propiedades mecánicas del geotextil en términos de VMPR
(Medidas en la dirección principal más débil del geotextil)

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO ASTM	GEOTEXTILES TEJIDOS	GEOTEXTILES NO TEJIDOS
Elongación	D 4632	< 50 %	≥ 50 %
Resistencia a la tensión Grab, valor mínimo (N)	D 4632	1100	700
Resistencia de la costura a la tensión Grab, valor mínimo (N)	D 4632	990	630
Resistencia a la penetración con pistón de 50 mm de diámetro, valor mínimo (N)	D 6241	2200	1375
Resistencia al rasgado trapezoidal, valor mínimo (N) (Nota 1)	D 4533	400	250

Nota 1: El VMPR para la resistencia al rasgado trapezoidal de los geotextiles tejidos monofilamento deberá ser de 250 N.

Tabla 231 - 2. Propiedades hidráulicas del geotextil en términos de VMPR

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO ASTM	VMPR
Permitividad, valor mínimo (s^{-1}). (Nota 1)	D 4491	0.02
Tamaño de abertura aparente (TAA), valor máximo (mm). (Nota 2)	D 4751	0.60
Estabilidad ultravioleta después de 500 h de exposición, valor mínimo (%)	D 4355	50

Nota 1: La permitividad del geotextil deberá ser mayor que la permitividad del suelo ($\psi_g > \psi_s$).

Nota 2: El valor del tamaño de abertura aparente (TAA) representa el valor máximo promedio por rollo.

231.2.1.3 Control de calidad de la producción

El fabricante de los geotextiles deberá contar con un proceso de producción que cuente con un sistema de gestión de la calidad certificado bajo la norma ISO 9001. El laboratorio, propio o externo, que se use para realizar los ensayos de control de la calidad de la producción, deberá estar

acreditado bajo la norma ISO/IEC 17025 o contar con una acreditación GAI-LAP del Instituto de Acreditación de Geosintéticos, GAI.

El fabricante o proveedor deberá suministrar el programa de control de calidad y los datos de soporte, donde se indiquen los requisitos de ensayos, los métodos de ensayo, la frecuencia de los ensayos, los criterios de aceptación en la fabricación y el tamaño del lote para evaluación de cada producto.

231.2.2 Material de cobertura

Este material deberá cumplir con todo lo especificado para afirmado, subbase granular o base granular en los Artículos 311, 320 y 330, respectivamente, según sea el caso, de acuerdo con los planos del proyecto o las instrucciones del Interventor.

231.2.3 Materiales accesorios

Los materiales accesorios, tales como grapas, arandelas, elementos de fijación y demás elementos necesarios para la instalación del geotextil deberán cumplir con los requisitos establecidos por el fabricante del geotextil.

231.3 EQUIPO

Se deberá disponer de los equipos necesarios para instalar el geotextil correctamente, así como de elementos de corte y costura y, además, de todos aquellos que se requieran para explotar, procesar, transportar, extender y compactar el material que deba ser colocado sobre el geotextil, de conformidad con la especificación correspondiente y los planos del proyecto o las instrucciones del Interventor.

231.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

231.4.1 Generalidades

El Interventor exigirá al Constructor que los trabajos se efectúen con una adecuada coordinación entre las actividades de preparación de la

subrasante, la colocación del geotextil y la colocación, conformación y compactación del material de cobertura, de manera que el geotextil quede expuesto el menor tiempo posible.

Durante el transporte y el almacenamiento, los geotextiles deberán tener empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo, y otros materiales que puedan afectar sus propiedades.

231.4.2 Preparación de la subrasante

La colocación del geotextil sólo será autorizada por el Interventor cuando la subrasante se haya preparado adecuadamente, de acuerdo con las indicaciones del Artículo 210, “Excavación de la explanación, canales y préstamos”, numeral 210.4.1.4.

231.4.3 Colocación del geotextil

231.4.3.1 Extensión

El geotextil se deberá extender en la dirección de avance de la construcción, directamente sobre la superficie preparada, sin arrugas o dobleces. Si es necesario colocar rollos adyacentes de geotextil, éstos se deberán traslapar o unir mediante la realización de una costura de acuerdo con lo establecido en el numeral 231.4.3.2.

Los traslapos serán los recomendados por el fabricante y aceptados por el Interventor, y dependerán tanto del CBR de la subrasante como del tránsito que vaya a circular sobre la vía durante la construcción, pero no serán inferiores a los indicados en la Tabla 231 - 3.

Tabla 231 - 3. Traslapo mínimo

CONDICIÓN	TRASLAPO MÍNIMO
$\text{CBR} \geq 3 \%$	30 cm o costura
Todo final de rollo	1 m o costura

Las costuras que se usen en reemplazo de los traslapos deberán cumplir las condiciones descritas en el numeral

231.4.3.2, con los requisitos adicionales que señale el fabricante.

En las curvas, para desarrollar su geometría, el geotextil podrá ser cortado con sus correspondientes traslapos o costuras, o doblado, según sea el caso

No se permitirá que el geotextil quede expuesto, sin cubrir, por un lapso mayor a tres (3) días.

231.4.3.2 Elaboración de costuras

Las costuras deberán cumplir los siguientes requisitos mínimos:

- El tipo de hilo deberá ser kevlar, aramida, polietileno, poliéster o polipropileno. No se permitirán hilos elaborados totalmente con fibras naturales, ni hilos de nylon. Cuando se propongan hilos compuestos por fibras sintéticas y fibras naturales, no se permitirán aquellos que tengan diez por ciento (10 %) o más, en masa, de fibras naturales. Tampoco se permitirán costuras elaboradas con alambres.
- El tipo de puntada podrá ser simple (Tipo 101) o de doble hilo, también llamada de seguridad (Tipo 401).
- La densidad de la puntada deberá ser, como mínimo, de ciento cincuenta a doscientas (150 –200) puntadas por metro lineal.
- La tensión del hilo se deberá ajustar en el campo de tal forma que no corte el geotextil, pero que sea suficiente para asegurar una unión permanente entre las superficies a coser. Si se hace la costura a mano, se deberán tener los cuidados necesarios para que al pasar el hilo, el rozamiento no “funda” las fibras del geotextil.
- Dependiendo del tipo de geotextil y del nivel de esfuerzos a que se va a solicitar, el tipo de costura se podrá realizar en diferentes configuraciones y con una o

varias líneas de costura, siempre y cuando se asegure la correcta transferencia de la tensión.

- La resistencia a la tensión de la unión, de acuerdo a la norma ASTM D 4632, deberá ser, como mínimo, el 90% de la resistencia a la tensión Grab del geotextil que se está cosiendo, medida de acuerdo a la misma norma de ensayo.

231.4.4 Colocación del material de cobertura

El material de cobertura se descargará en un lugar previamente escogido y autorizado por el Interventor. Luego, el material se extenderá cuidadosamente, empleando un método que no dé lugar a daños en el geotextil. No se permitirá el tránsito de maquinaria sobre el geotextil hasta que se conforme y compacte adecuadamente la primera capa del material de cobertura. No se permitirá el giro de maquinaria sobre la primera capa de dicho material de cobertura.

El espesor de la primera capa compactada de material de cobertura sobre el geotextil deberá estar definida en los documentos del proyecto, en función de la granulometría del material, de las características del geosintético y del equipo de construcción. En general, para materiales pétreos de tamaño máximo igual o mayor a treinta milímetros (≥ 30 mm), el espesor de la primera capa compactada de material de cobertura deberá ser de veinte centímetros como mínimo (≥ 20 cm). Para materiales pétreos de tamaño máximo menor de treinta milímetros (< 30 mm), el espesor de la primera capa compactada deberá ser de quince centímetros como mínimo (≥ 15 cm).

El material de relleno se compactará con el equipo adecuado, hasta lograr el grado de compactación exigido para el material en la especificación respectiva o el solicitado por el Interventor, antes de dar paso al tránsito temporal sobre la vía o comenzar las labores de colocación de la siguiente capa. El relleno se llevará a cabo hasta la cota indicada en los planos o la ordenada por el Interventor.

231.4.5 Control del tránsito

El Constructor deberá instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, los cuales deberán garantizar la

seguridad permanente, tanto del personal y de los equipos de construcción, como de usuarios y transeúntes.

231.4.6 Limitaciones en la ejecución

Por ningún motivo se permitirá adelantar los trabajos objeto del presente Artículo cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a cinco grados Celsius (5° C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

Los trabajos se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

231.4.7 Manejo ambiental

Al respecto, rige en un todo lo especificado en el Artículo 106, "Aspectos ambientales".

231.4.8 Reparaciones

Todos los defectos que se presenten en la extensión, en los traslapos, en las costuras, en los cortes o en los dobleces del geotextil; en la extensión y compactación del material de cobertura; así como los que se deriven de un incorrecto control del tránsito recién terminados los trabajos, deberán ser corregidos por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones del Interventor, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

231.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

231.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción;
- Verificar que la subrasante esté preparada adecuadamente y que se cumplan las dimensiones y cotas señaladas en los planos o las ordenadas por el Interventor, antes de autorizar la colocación del geotextil;
- Verificar que cada rollo de geotextil tenga en forma clara la información del fabricante, el número del lote y la referencia del producto, así como la composición química del mismo;
- Comprobar que durante el transporte y el almacenamiento, los geotextiles tengan los empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo, y otros materiales que puedan afectar sus propiedades;
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado, en cuanto a la preparación de la subrasante, la colocación del geotextil y la construcción de las capas de material de cobertura;
- Efectuar ensayos de control sobre el geotextil, en un laboratorio independiente al del fabricante o proveedor, y los ensayos pertinentes al material de cobertura. Los ensayos de control relacionados con el geotextil, se deberán hacer de conformidad con lo establecido en las normas de ensayo ASTM D 4354 y ASTM D 4759;

El Interventor medirá, para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado.

231.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

231.5.2.1 Calidad del geotextil

Por cada lote de rollos que llegue a la obra, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante del geotextil, donde se establezca el nombre del producto, la composición química relevante de los filamentos o cintas y toda la información que describa al geotextil, así como los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer todos los requisitos establecidos en las

Tablas 231 - 1 y 231 - 2 del presente Artículo, o los se establezcan en los documentos técnicos del proyecto, según los que prevalezcan.

El Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de geotextil que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Dicha constancia no evitará, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del Interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega.

Además, el Interventor deberá escoger al azar un número de rollos equivalente a la raíz cúbica del número total de rollos que conformen el lote. Se evaluarán rollos estándar con un área entre cuatrocientos y seiscientos metros cuadrados (400 y 600 m²) cada uno. En el caso de rollos con áreas diferentes, el total de metros cuadrados se deberá convertir a unidades de rollos equivalentes de quinientos metros cuadrados (500 m²).

De cada rollo se deberán descartar las dos primeras vueltas de geotextil para el muestreo. Posteriormente, se deberá tomar una muestra, como mínimo de un metro lineal (1 m) por el ancho correspondiente al rollo, verificando que esté totalmente seca y limpia. El número de especímenes se determinará de conformidad con las normas de ensayo ASTM D 4354 y ASTM D 4759. Tales especímenes, debidamente identificados (número de lote, referencia del producto, etc.), se deberán empacar y enviar a un laboratorio distinto al del fabricante o proveedor, para que les sean realizadas las pruebas especificadas en las Tablas 231 - 1 y 231 - 2.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en las Tablas 231 - 1 y 231 - 2, o los se establezcan en los documentos técnicos del proyecto, según los que prevalezcan. No se aceptarán geotextiles rasgados, agujereados o usados.

231.5.2.2 Calidad del producto terminado

El geotextil colocado deberá presentar una superficie uniforme, sin arrugas ni dobleces. Se deberá verificar, además, que:

- La distancia entre el eje del proyecto y el borde del geotextil no sea inferior a la señalada en los planos o la definida por Interventor;
- Los traslajos y las costuras cumplan los requisitos establecidos en este Artículo.

231.6 MEDIDA

La unidad de medida será el metro cuadrado (m^2), aproximado al entero, de geotextil colocado a satisfacción del Interventor, de acuerdo con lo exigido por la presente especificación. El área se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje de la vía, por el ancho especificado en los planos u ordenado por el Interventor. No se medirá ningún área por fuera de tales límites, ni se considerarán, para efecto del pago, los traslajos.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

231.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por metro cuadrado (m^2), para todo trabajo ejecutado de acuerdo con la presente especificación y aceptado a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir el suministro, almacenamiento y transporte del geotextil; la colocación del geotextil; los traslajos y costuras; los desperdicios; los costos de los desvíos que fuese necesario construir con motivo de la ejecución de las obras; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos y el período posterior en que se deba impedir o controlar, de acuerdo con las instrucciones del Interventor; así como toda labor, mano de obra, equipo o material necesario para la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

El material de cobertura y su colocación se pagarán de acuerdo a la especificación que corresponda al material utilizado, según se indica en el numeral 231.2.2.

231.8 ÍTEM DE PAGO

231.1	Geotextil para separación de suelos de subrasante y capas granulares	Metro cuadrado (m ²)
-------	--	----------------------------------

Nota: Se deberá elaborar un ítem de pago diferente para cada tipo de geotextil que se especifique en el contrato.

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE CON GEOTEXTIL

ARTÍCULO 232 – 13

232.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro y la instalación de geotextiles sobre una subrasante blanda y muy húmeda, de conformidad con los planos del proyecto o las instrucciones del Interventor, para desempeñar las funciones de separación, filtración y, en algunos casos, refuerzo.

La función de estabilización es apropiada para suelos de subrasante con CBR entre uno y tres por ciento ($1 \leq \text{CBR} < 3 \%$), determinado con el ensayo descrito en la norma INV E-169 “Relación de soporte del suelo en el terreno” o tener un valor de resistencia al corte entre treinta y noventa kilopascales (30-90 kPa). La determinación de la resistencia al corte se podrá realizar con uno cualquiera de los siguientes ensayos: norma INV E-152 “Compresión inconfiada en muestras de suelos” o INV E-170 “Ensayo de corte sobre suelos cohesivos, usando la veleta”. Los sitios para hacer las determinaciones serán los previstos en los planos del proyecto o los indicados por el Interventor.

Esta especificación no aplica para el refuerzo de terraplenes donde las condiciones de esfuerzos puedan causar fallas globales de la fundación o del cuerpo del terraplén.

232.2 MATERIALES

232.2.1 Geotextil

El tipo y las propiedades requeridas del geotextil serán los establecidos en los documentos del proyecto en función de las condiciones y procedimientos de instalación, de las condiciones geomecánicas del suelo de subrasante, de la granulometría y demás características del material de cobertura y de las cargas impuestas por los equipos durante la ejecución de los trabajos. En este numeral se indican las propiedades mínimas que deberá tener el geotextil

En general, se podrán emplear geotextiles tejidos o no tejidos, elaborados a partir de polímeros sintéticos de cadena larga, compuestos con un porcentaje mínimo del 95 % en masa de poliolefinas o poliéster. El geotextil deberá permitir en todo momento el libre paso del agua.

Las propiedades de los geotextiles se expresan en términos de valores mínimos promedio por rollo (VMPR). El valor mínimo promedio por rollo (VMPR) es una herramienta de control de calidad que le permite a los fabricantes establecer los valores en sus certificados de manera que el comprador tenga un nivel de confianza del 97.7 % de que las propiedades, medidas sobre el producto que compra, cumplen con los valores certificados. Para datos que tengan una distribución normal, el valor VMPR se calcula como el valor típico menos dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores mínimos, o más dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores máximos.

Los valores promedio de los resultados de los ensayos practicados a cualquier rollo deberán satisfacer los requisitos establecidos en este Artículo.

232.2.1.1 Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas del geotextil serán las establecidas en los documentos del proyecto, según las condiciones particulares del mismo y la clase de supervivencia que en ellos se defina; las propiedades mecánicas para su supervivencia en condiciones normales de instalación se especifican en la Tabla 232 - 1, en términos de Valores Mínimos Promedio por Rollo (VMPR).

232.2.1.2 Propiedades hidráulicas

Las propiedades hidráulicas que deberá cumplir el geotextil, salvo que los documentos del proyecto especifiquen otros requisitos, son las que se indican en la Tabla 232 - 2 en términos de Valores Mínimos Promedio por Rollo (VMPR).

Adicionalmente a los requisitos de permitividad, los documentos del proyecto podrán especificar requisitos de permeabilidad, determinada según la norma de ensayo ASTM D 4491 (por ejemplo, que sea una o varias veces superior a la permeabilidad del suelo).

Tabla 232 - 1. Propiedades mecánicas del geotextil en términos de VMPR
(Medidas en la dirección más débil del geotextil)

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO ASTM	REQUISITO	
		GEOTEXTILES TEJIDOS	GEOTEXTILES NO TEJIDOS
Elongación (%)	D 4632	< 50	≥ 50
Resistencia a la tensión Grab, valor mínimo (N)	D 4632	1400	900
Resistencia de la costura a la tensión Grab, valor mínimo (N)	D 4632	1260	810
Resistencia a la penetración con pistón de 50 mm de diámetro, valor mínimo (N)	D 6241	2750	1925
Resistencia al rasgado trapezoidal, valor mínimo (N) (Nota 1)	D 4533	500	350

Nota 1: El VMPR para la resistencia al rasgado trapezoidal de los geotextiles tejidos monofilamento deberá ser de 250 N.

Tabla 232 - 2. Propiedades hidráulicas del geotextil en términos de VMPR

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO ASTM	REQUISITO
Permitividad, valor mínimo (s^{-1}). (Nota 1)	D 4491	0.05
Tamaño de abertura aparente (TAA), valor máximo (mm). (Nota 2)	D 4751	0.43
Estabilidad ultravioleta después de 500 h de exposición, valor mínimo (%)	D 4355	50

Nota 1. La permitividad del geotextil deberá ser mayor que la permitividad del suelo ($\psi_g > \psi_s$).

Nota 2: El valor del tamaño de abertura aparente (TAA) representa el valor máximo promedio por rollo.

232.2.1.3 Control de calidad de la producción

El fabricante de los geotextiles deberá contar con un proceso de producción que cuente con un sistema de gestión de la calidad certificado bajo la norma ISO 9001. El laboratorio, propio o externo, que se use para realizar los ensayos de control de la calidad de la producción, deberá estar

acreditado bajo la norma ISO/IEC 17025 o contar con una acreditación GAI-LAP del Instituto de Acreditación de Geosintéticos, GAI.

El fabricante o proveedor deberá suministrar el programa de control de calidad y los datos de soporte, donde se indiquen los requisitos de ensayos, los métodos de ensayo, la frecuencia de los ensayos, los criterios de aceptación en la fabricación y el tamaño del lote para evaluación de cada producto.

232.2.2 Material de cobertura

Este material deberá cumplir con todo lo especificado para afirmado, subbase granular o base granular en los Artículos 311, 320 y 330 respectivamente, según sea el caso, de acuerdo con los planos del proyecto o las instrucciones del Interventor.

232.2.3 Materiales accesorios

Los materiales accesorios, tales como grapas, arandelas, elementos de fijación y demás elementos necesarios para la instalación del geotextil deberán cumplir con los requisitos establecidos por el fabricante del geotextil.

232.3 EQUIPO

Se deberá disponer de los equipos necesarios para instalar el geotextil correctamente, así como de elementos de corte y costura y, además, de todos aquellos que se requieran para explotar, procesar, transportar, extender y compactar el material que deba ser colocado sobre el geotextil, de conformidad con la especificación correspondiente y los planos del proyecto o las instrucciones del Interventor.

232.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

232.4.1 Generalidades

El Interventor exigirá al Constructor que los trabajos se efectúen con una adecuada coordinación entre las actividades de preparación de la

subrasante y de las capas inferiores del pavimento si es el caso, la colocación del geotextil y la colocación, conformación y compactación del material de cobertura, de manera que el geotextil quede expuesto el menor tiempo posible.

Durante el transporte y el almacenamiento, los geotextiles deberán tener empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo, y otros materiales que puedan afectar sus propiedades.

232.4.2 Preparación de la subrasante

La colocación del geotextil sólo será autorizada por el Interventor cuando la subrasante se haya preparado adecuadamente. En el caso de la subrasante natural, su preparación deberá estar de acuerdo con las indicaciones del Artículo 210, "Excavación de la explanación, canales y préstamos".

232.4.3 Colocación del geotextil

232.4.3.1 Extensión

El geotextil se deberá extender en la dirección de avance de la construcción, directamente sobre la superficie preparada, sin arrugas o dobleces. Si es necesario colocar rollos adyacentes de geotextil, éstos se deberán traslapar o unir mediante la realización de una costura de acuerdo al numeral 232.4.3.2.

Los traslapos serán los recomendados por el fabricante y aceptados por el Interventor y dependerán tanto del CBR de la subrasante, cuando se coloque sobre ésta, como del tránsito que vaya a circular sobre la vía durante la construcción, pero no serán inferiores a los indicados en la Tabla 232 - 3.

Tabla 232 - 3. Traslapo mínimo

CONDICIÓN	TRASLAPO MÍNIMO
$1 \leq \text{CBR} < 3\%$	60 cm o costura
Todo final de rollo	1 m o costura

Las costuras que se usen en reemplazo de los traslapes deberán cumplir las condiciones descritas en el numeral 232.4.3.2 y con los requisitos adicionales que señale el fabricante.

En las curvas, para desarrollar su geometría, el geotextil podrá ser cortado con sus correspondientes traslapes o costuras, o doblado, según sea el caso.

No se permitirá que el geotextil quede expuesto, sin cubrir, por un lapso mayor a tres (3) días.

232.4.3.2 Elaboración de costuras

Las costuras deberán cumplir los siguientes requisitos mínimos:

- El tipo de hilo deberá ser kevlar, aramida, polietileno, poliéster o polipropileno. No se permitirán hilos elaborados totalmente con fibras naturales, ni hilos de nylon. Cuando se propongan hilos compuestos por fibras sintéticas y fibras naturales, no se permitirán aquellos que tengan diez por ciento (10 %) o más, en masa, de fibras naturales. Tampoco se permitirán costuras elaboradas con alambres;
- El tipo de puntada podrá ser simple (Tipo 101) o de doble hilo, también llamada de seguridad (Tipo 401);
- La densidad de la puntada deberá ser, como mínimo, de ciento cincuenta a doscientas (150 –200) puntadas por metro lineal;
- La tensión del hilo se deberá ajustar en el campo de tal forma que no corte el geotextil, pero que sea suficiente para asegurar una unión permanente entre las superficies a coser. Si se hace la costura a mano, se deberán tener los cuidados necesarios para que al pasar el hilo, el rozamiento no “funda” las fibras del geotextil;
- Dependiendo del tipo de geotextil y del nivel de esfuerzos a que se va a solicitar, el tipo de costura se

podrá realizar en diferentes configuraciones y con una o varias líneas de costura, siempre y cuando se asegure la correcta transferencia de la tensión;

- La resistencia a la tensión de la unión, de acuerdo a la norma ASTM D 4632, deberá ser, como mínimo, el 90 % de la resistencia a la tensión Grab del geotextil que se está cosiendo, medida de acuerdo a la misma norma de ensayo;

232.4.4 Colocación del material de cobertura

El material de cobertura se descargará en un lugar previamente escogido y autorizado por el Interventor. Luego, el material se extenderá cuidadosamente, empleando un método que no dé lugar a daños en el geotextil. No se permitirá el tránsito de maquinaria sobre el geotextil hasta que se conforme y compacte adecuadamente la primera capa del material de cobertura. No se permitirá el giro de maquinaria sobre la primera capa de dicho material de cobertura.

El espesor de la primera capa compactada de material de cobertura sobre el geotextil deberá estar definido en los documentos del proyecto, en función de la granulometría del material, de las características del geosintético y del equipo de construcción. En general, para materiales pétreos de tamaño máximo igual o mayor a treinta milímetros (≥ 30 mm), el espesor de la primera capa compactada de material de cobertura deberá ser de veinte centímetros como mínimo (≥ 20 cm). Para materiales pétreos de tamaño máximo menor de treinta milímetros (< 30 mm), el espesor de la primera capa compactada deberá ser de quince centímetros como mínimo (≥ 15 cm).

El material de cobertura se compactará con el equipo adecuado, hasta lograr el grado de compactación exigido para el material en la especificación respectiva o el solicitado por el Interventor, antes de dar paso al tránsito temporal sobre la vía o comenzar las labores de colocación de la siguiente capa. El relleno se llevará a cabo hasta la cota indicada en los planos o la ordenada por el Interventor.

232.4.5 Control del tránsito

El Constructor deberá instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, los cuales deberán garantizar la permanente seguridad, tanto del personal y de los equipos de construcción, como de usuarios y transeúntes.

232.4.6 Limitaciones en la ejecución

Por ningún motivo se permitirá adelantar los trabajos objeto del presente Artículo cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a cinco grados Celsius (5° C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

Los trabajos se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

232.4.7 Manejo ambiental

Al respecto, rige en un todo lo especificado en el Artículo 106, "Aspectos ambientales".

232.4.8 Reparaciones

Todos los defectos que se presenten en la extensión, en los traslajos, en las costuras, en los cortes o en los dobleces del geotextil; en la extensión y compactación del material de cobertura; así como los que se deriven de un incorrecto control del tránsito recién terminados los trabajos, deberán ser corregidos por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones del Interventor, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

232.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

232.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción;
- Verificar que la subrasante o la capa de apoyo estén preparadas adecuadamente y que se cumplan las dimensiones y cotas señaladas en los planos o las ordenadas por el Interventor, antes de autorizar la colocación del geotextil;
- Verificar que cada rollo de geotextil tenga en forma clara la información del fabricante, el número del lote y la referencia del producto, así como la composición química del mismo;
- Comprobar que durante el transporte y el almacenamiento, los geotextiles tengan los empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo, y otros materiales que puedan afectar sus propiedades;
- Verificar que el sistema de almacenamiento garantice la protección de los geosintéticos contra cualquier tipo de deterioro;
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado, en cuanto a la preparación de la subrasante, la colocación del geotextil y la construcción de las capas de material de cobertura;
- Efectuar ensayos de control sobre el geotextil, en un laboratorio independiente al del fabricante o proveedor, y los ensayos pertinentes al material de cobertura. Los ensayos de control relacionados con el geotextil, se deberán hacer de conformidad con lo establecido en las normas de ensayo ASTM D 4354 y ASTM D 4759;

El Interventor medirá, para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado.

232.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**232.5.2.1 Calidad del geotextil**

Por cada lote de rollos que llegue a la obra, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante del geotextil, donde se establezca el nombre del producto, la composición química relevante de los filamentos o cintas y toda la información que describa al geotextil, así como los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer todas los requisitos establecidos en las Tablas 232 - 1 y 232 - 2 del presente Artículo, o los se establezcan en los documentos técnicos del proyecto, según los que prevalezcan. El Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de geotextil que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Dicha constancia no evitará, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del Interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega.

Además, el Interventor deberá escoger al azar un número de rollos equivalente a la raíz cúbica del número total de rollos que conformen el lote. Se evaluarán rollos estándar con un área entre cuatrocientos y seiscientos metros cuadrados (400 y 600 m^2) cada uno. En el caso de rollos con áreas diferentes, el total de metros cuadrados se deberá convertir a unidades de rollos equivalentes de quinientos metros cuadrados (500 m^2).

De cada rollo se deberán descartar las dos primeras vueltas de geotextil para el muestreo. Posteriormente, se deberá tomar una muestra, como mínimo de un metro lineal (1 m) por el ancho correspondiente al rollo, verificando que esté totalmente seca y limpia. El número de especímenes se determinará de conformidad con las normas de ensayo ASTM D 4354 y ASTM D 4759. Tales especímenes, debidamente identificados (número de lote, referencia del producto, etc.), se deberán empacar y enviar a un laboratorio distinto al del fabricante o proveedor, para que les sean realizadas las pruebas especificadas en las Tablas 232 - 1 y 232 - 2.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en la Tablas 232 - 1 y 232 - 2, o los se establezcan en los documentos técnicos del proyecto, según los que prevalezcan. No se aceptarán geotextiles rasgados, agujereados o usados.

232.5.2.2 Calidad del producto terminado

El geotextil colocado deberá presentar una superficie uniforme, sin arrugas ni dobleces. Se deberá verificar, además, que:

- La distancia entre el eje del proyecto y el borde del geotextil no sea inferior a la señalada en los planos o la definida por Interventor.
- Los traslajos y las costuras cumplan los requisitos establecidos en este Artículo.

232.6 MEDIDA

La unidad de medida será el metro cuadrado (m^2), aproximado al entero, de geotextil colocado a satisfacción del Interventor, de acuerdo con lo exigido por la presente especificación. El área se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje de la vía, por el ancho especificado en los planos u ordenado por el Interventor. No se medirá ningún área por fuera de tales límites, ni se considerarán, para efecto del pago, los traslajos.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

232.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por metro cuadrado (m^2), para todo trabajo ejecutado de acuerdo con la presente especificación y aceptado a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir el suministro, almacenamiento y transporte del geotextil; la colocación del geotextil; los traslajos y costuras; los desperdicios; los

costos de los desvíos que fuese necesario construir con motivo de la ejecución de las obras; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos y el período posterior en que se deba impedir o controlar, de acuerdo con las instrucciones del Interventor; así como toda labor, mano de obra, equipo o material necesario para la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

El material de cobertura se pagará de acuerdo a la especificación que corresponda al material utilizado, según se indica en el numeral 232.2.2.

232.8 ÍTEM DE PAGO

232.1	Geotextil para estabilización de la subrasante	Metro cuadrado (m ²)
-------	--	----------------------------------

Nota: Se deberá elaborar un ítem de pago diferente para cada tipo de geotextil que se especifique en el contrato.

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE Y REFUERZO DE CAPAS GRANULARES CON GEOMALLAS

ARTÍCULO 233 – 13

233.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro y la instalación de geomallas sobre la subrasante o entre capas granulares del pavimento, en los sitios y con las dimensiones señalados en los planos del proyecto o indicados por el Interventor.

La función de estabilización es apropiada para suelos de subrasante con CBR entre uno y tres por ciento ($1 \leq \text{CBR} < 3 \%$), determinado con el ensayo descrito en la norma INV E-169 “Relación de soporte del suelo en el terreno” o tener un valor de resistencia al corte entre treinta y noventa kilopascales (30-90 kPa). La determinación de la resistencia al corte se podrá realizar con uno cualquiera de los siguientes ensayos: norma INV E-152 “Compresión inconfiada en muestras de suelos” o INV E-170 “Ensayo de corte sobre suelos cohesivos, usando la veleta”. Los sitios para hacer las determinaciones serán los previstos en los planos del proyecto o los indicados por el Interventor.

En el caso de estabilización de suelos de subrasante con geomallas, los documentos del proyecto pueden indicar que se coloque un geotextil de separación entre la subrasante y la geomalla; en este caso, la instalación del geotextil de separación estará cubierta por el Artículo 231, “Separación de suelos de subrasante y capas granulares con geotextil”.

Esta especificación no aplica para el refuerzo de terraplenes donde las condiciones de esfuerzos puedan causar fallas globales de la fundación o del cuerpo del terraplén.

233.2 MATERIALES

233.2.1 Geomalla

La geomalla deberá ser biaxial o multiaxial y deberá ser capaz de mantener su estabilidad dimensional durante su instalación y el tránsito normal de construcción.

Debe resistir el daño durante la construcción, incluyendo la degradación ultravioleta y debe tener resistencia a largo plazo a la degradación química y biológica.

El tipo y las propiedades requeridas de la geomalla serán los establecidos en los documentos del proyecto en función de las condiciones y los procedimientos de instalación, de las condiciones geomecánicas del suelo de subrasante, de la granulometría y demás características del material de cobertura y de las cargas impuestas por los equipos durante la ejecución de los trabajos. En este numeral se indican las propiedades mínimas que deberá tener la geomalla.

Varias de las propiedades de las geomallas se expresan en términos de valores mínimos promedio por rollo (VMPR). El valor mínimo promedio por rollo (VMPR) es una herramienta de control de calidad que le permite a los fabricantes establecer los valores en sus certificados de manera que el comprador tenga un nivel de confianza del 97.7 % de que las propiedades, medidas sobre el producto que compra, cumplen con los valores certificados. Para datos que tengan una distribución normal, el valor VMPR se calcula como el valor típico menos dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores mínimos, o más dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores máximos.

Los valores promedio de los resultados de los ensayos practicados a cualquier rollo deberán satisfacer los requisitos establecidos en este Artículo.

233.2.1.1 Propiedades mecánicas

Las propiedades de la geomalla serán las establecidas en los documentos del proyecto, según las condiciones particulares del mismo y la clase de supervivencia que en ellos se defina, a partir de la siguiente guía de la FHWA:

- FHWA-NHI-08-092, *Geosynthetic Design and Construction Guidelines* (Guías para el diseño y la construcción con geosintéticos)

En las Tablas 233 – 1 y 223 – 2 se indican las propiedades mínimas que deberá tener la geomalla, para las aplicaciones

de estabilización de subrasante y refuerzo de las capas granulares, respectivamente.

Tabla 233 - 1. Propiedades mecánicas de la geomalla para estabilización de la subrasante

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO	REQUISITO SEGÚN LA CLASE POR SUPERVIVENCIA		
		CLASE 1 (Alta)	CLASE 2 (Moderada-1)	CLASE 3 (Moderada-2)
Propiedades de refuerzo				
Resistencia última a la tensión en prueba con costillas múltiples, VMPR (kN/m)	ASTM D 6637	Según lo establecido en los documentos del proyecto, para cada una de las direcciones principales		
Área abierta, como % del área total	Medido	50 a 90		
Tamaño de abertura, mm (Notas 3 y 4)	Medido	12.5 a 75 mm ≥ D 50 del agregado encima de la geomalla ≤ 2D 85 del agregado encima de la geomalla		
Propiedades de supervivencia				
Resistencia última a la tensión en prueba de con costillas múltiples, VMPR (kN/m)	ASTM D 6637	18	12	12
Resistencia de las uniones o nodos, VMPR (N)	GRI GG2 (Nota 1)	110	110	35
Estabilidad ultravioleta: resistencia retenida después de 500 horas de exposición, valor mínimo (%)	ASTM D 4355	50		

Nota 1: GRI método de ensayo del Geosynthetic Research Institute

Nota 2: Los requisitos para las propiedades de resistencia por supervivencia representan el sentido principal más débil de la geomalla

Nota 3: la abertura de la geomalla se medirá con un calibrador tipo Vernier, con precisión de 0.01 mm; se medirán las dimensiones internas (entre costillas) en cada dirección principal, en 5 sitios escogidos aleatoriamente

Nota 4: D 50 (D 85) corresponde a la abertura del tamiz de menor abertura por el cual pasa el 50 % (85%) del material, en masa, con respecto a la masa total del mismo

Tabla 233 - 2. Propiedades mecánicas de la geomalla para refuerzo de capas granulares

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO	REQUISITO SEGÚN LA CLASE POR SUPERVIVENCIA		
		CLASE 1 (Alta)	CLASE 2 (Moderada-1)	CLASE 3 (Moderada-2)
Propiedades de refuerzo				
Resistencia última a la tensión en prueba con costillas múltiples, VMPR (kN/m)	ASTM D 6637	Según lo establecido en los documentos del proyecto, para cada una de las direcciones principales		
Módulos secantes a la tensión para el 2 % y el 5 % de elongación, VMPR (kN/m)	ASTM D 6637	Según lo establecido en los documentos del proyecto, para cada una de las direcciones principales		
Coeficiente de interacción geosintético/suelo por extracción para el tipo de relleno contemplado en el proyecto, mínimo	ASTM D 6706	Según lo establecido en los documentos del proyecto, para cada una de las direcciones principales		
Coeficientes de deslizamiento pico y residual en la interfaz geosintético/suelo, para el tipo de relleno contemplado en el proyecto, mínimo	ASTM D 5321	Según lo establecido en los documentos del proyecto, para cada una de las direcciones principales		
Área abierta, como % del área total	Medido	50 a 90		
Tamaño de abertura, mm (Nota 3)	Medido	Según lo establecido en los documentos del proyecto		
Propiedades de supervivencia				
Resistencia última a la tensión en prueba de costillas múltiples, VMPR (kN/m)	ASTM D 6637	18	12	12
Resistencia de las uniones o nodos, VMPR (N)	GRI GG2 (Nota 1)	110	110	35
Estabilidad ultravioleta: resistencia retenida después de 500 horas de exposición, valor mínimo (%)	ASTM D 4355	50		

Nota 1: GRI método de ensayo del Geosynthetic Research Institute

Nota 2: Los requisitos para las propiedades de resistencia por supervivencia representan el sentido principal más débil de la geomalla

Nota 3: la abertura de la geomalla se medirá con un calibrador tipo Vernier, con precisión de 0.01 mm; se medirán las dimensiones internas (entre costillas) en cada dirección principal, en 5 sitios escogidos aleatoriamente

En reemplazo del requisito de resistencia de las uniones o nodos, el fabricante podrá documentar la supervivencia de las uniones a la instalación mediante pruebas a escala real, según la norma ASTM D 5818, que demuestren la integridad de las mismas bajo las condiciones del proyecto (suelo de apoyo, espesor de capas, materiales de relleno, equipo de construcción). La geomalla se cubrirá con una capa de material de relleno de 15 cm de espesor mínimo y será sometida al paso repetido de una volqueta cargada hasta producir un ahuellamiento de 10 cm; el informe de la pruebas deberá incluir un registro fotográfico de la geomalla recuperada, que muestre claramente que las uniones no se han desplazado ni sufrido deterioro alguno durante el proceso de instalación.

233.2.1.2 Control de calidad de la producción

El fabricante de las geomallas deberá contar con un proceso de producción que cuente con un sistema de gestión de la calidad certificado bajo la norma ISO 9001. El laboratorio, propio o externo, que se use para realizar los ensayos de control de la calidad de la producción, deberá estar acreditado bajo la norma ISO/IEC 17025 o contar con una acreditación GAI-LAP del Instituto de Acreditación de Geosintéticos, GAI.

El fabricante o proveedor deberá suministrar el programa de control de calidad y los datos de soporte, donde se indiquen los requisitos de ensayos, los métodos de ensayo, la frecuencia de los ensayos, los criterios de aceptación en la fabricación y el tamaño del lote para evaluación de cada producto.

233.2.2 Geotextil de separación

En el caso de estabilización de suelos de subrasante, si los documentos del proyecto indican que se debe colocar un geotextil de separación entre la subrasante y la geomalla, sus propiedades deberán cumplir con los requisitos establecidos en el numeral 231.2.3 del Artículo 231.

Normalmente se requiere un geotextil de separación cuando no se cumple con el siguiente requisito:

D 85 de agregado sobre la geomalla < 5 D 85 del suelo de subrasante [233.1]

Siendo: D 85: Abertura de tamiz de menor abertura por el cual pasa el 85% del material, en masa, con respecto a la masa total del mismo.

233.2.3 Material de cobertura

Este material deberá cumplir con todo lo especificado para afirmado, subbase granular o base granular en los Artículos 311, 320 y 330 respectivamente, según sea el caso, de acuerdo con los planos del proyecto o las instrucciones del Interventor.

233.2.4 Materiales accesorios

Los materiales accesorios, tales como grapas, arandelas, elementos de fijación y demás elementos necesarios para la instalación de la geomalla deberán cumplir los requisitos establecidos por el fabricante de la geomalla.

233.3 EQUIPO

Se deberá disponer de los equipos necesarios para instalar la geomalla correctamente, así como de elementos de corte y costura y, además, de todos aquellos que se requieran para explotar, procesar, transportar, extender y compactar el material que deba ser colocado sobre la geomalla, de conformidad con la especificación correspondiente y los planos del proyecto o las instrucciones del Interventor.

233.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

233.4.1 Generalidades

Los trabajos se deberán efectuar con una adecuada coordinación entre las actividades de preparación de la subrasante y de las capas inferiores del pavimento si es el caso, la colocación de la geomalla y la colocación, conformación y compactación del material de cobertura, de manera que la geomalla quede expuesta el menor tiempo posible.

Durante el transporte y el almacenamiento, las geomallas deberán tener empaques que las protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo, y otros materiales que puedan afectar sus propiedades.

233.4.2 Preparación de la subrasante o de la capa granular de apoyo

La colocación de la geomalla sólo será autorizada por el Interventor cuando la subrasante o la capa granular de apoyo se haya preparado adecuadamente. En el caso de la subrasante natural, su preparación deberá estar de acuerdo con las indicaciones del Artículo 210, "Excavación de la explanación, canales y préstamos".

233.4.3 Colocación de la geomalla

233.4.3.1 Extensión

La geomalla se deberá extender en la dirección de avance de la construcción, directamente sobre la superficie preparada; la geomalla se deberá alinear, templar manualmente y asegurar a la superficie para mantener la tensión. La sujeción a la superficie se deberá hacer según las recomendaciones del fabricante, por medio de grapas o pequeñas pilas de agregado de cobertura.

Si es necesario colocar rollos adyacentes de geomalla, éstos se deberán traslapar de acuerdo las recomendaciones del fabricante.

En el caso de subrasantes muy blandas ($\text{CBR} < 1\%$), la geomalla se deberá extender en forma perpendicular a la vía, salvo que los documentos del proyecto indiquen otra cosa.

La geomalla no podrá estar expuesta, sin cubrir, por más de 3 días

233.4.3.2 Empalmes

Las geomallas podrán ser traslapadas o podrán ser conectadas por medio de sujetadores mecánicos.

Los traslapos serán los recomendados por el fabricante y aceptados por el Interventor y dependerán tanto del CBR de

la subrasante, cuando se coloque sobre ésta, como del tránsito que vaya a circular sobre la vía durante la construcción, pero no serán inferiores a los indicados en la Tabla 233 - 3.

Tabla 233 - 3. Traslapo mínimo

CONDICIÓN	TRASLAPO MÍNIMO
$\text{CBR} \geq 3\%$	30 cm
$1 < \text{CBR} < 3\%$	60 cm
$0.5 < \text{CBR} \leq 1\%$	90 cm
$\text{CBR} \leq 0.5$	Unión mecánica
Todo final de rollo	0.90 m

Los traslapos se deberán asegurar con uniones plásticas según las recomendaciones del fabricante, separadas no más de 6 m en las uniones longitudinales o 1.5 m en las uniones transversales; en el caso de subrasantes muy blandas ($\text{CBR} < 1\%$), los traslapos se deben amarrar con cable de nylon para mantener sus dimensiones.

En el caso de conexiones mecánicas, los elementos que se usen y los procedimientos de instalación deberán acogerse a las recomendaciones del fabricante de la geomalla. La durabilidad de estos elementos deberá ser, como mínimo, igual a la durabilidad de la geomalla.

Salvo que los documentos del proyecto indiquen otra cosa, la resistencia última a la tensión de las uniones mecánicas, medida en la dirección perpendicular al empalme, deberá ser, como mínimo, igual a la resistencia última de la geomalla a la tensión en prueba con costillas múltiples especificada en la Tabla 233 - 1; la medición de la resistencia de la unión se realizará con el mismo procedimiento de ensayo que se utiliza para medir la resistencia última a la tensión en prueba con costillas múltiples de la geomalla.

233.4.4 Colocación del material de cobertura

El material de cobertura se descargará en un lugar previamente escogido y autorizado por el Interventor. Luego, el material se extenderá cuidadosamente, empleando un método que no dé lugar a daños en la geomalla.

Sobre la geomalla no podrán transitar directamente los equipos de construcción de orugas; deberá haber una cobertura mínima de 15 cm para permitir su circulación. Los equipos de llantas podrán transitar sobre la geomalla, siempre y cuando el material de apoyo lo permita, a una velocidad máxima de 5 km/h.

No se permitirá el giro de maquinaria sobre la primera capa de dicho material de cobertura.

El espesor de la primera capa compactada de material de cobertura sobre la geomalla deberá estar definido en los documentos del proyecto, en función de la granulometría del material, de las características del geosintético y del equipo de construcción. En general, para materiales pétreos de tamaño máximo igual o mayor a treinta milímetros (≥ 30 mm), el espesor de la primera capa compactada de material de cobertura deberá ser de veinte centímetros como mínimo (≥ 20 cm). Para materiales pétreos de tamaño máximo menor de treinta milímetros (< 30 mm), el espesor de la primera capa compactada deberá ser de quince centímetros como mínimo (≥ 15 cm).

El material de cobertura se compactará con el equipo adecuado, hasta lograr el grado de compactación exigido para el material en la especificación respectiva o el solicitado por el Interventor, antes de dar paso al tránsito temporal sobre la vía o comenzar las labores de colocación de la siguiente capa. El relleno se llevará a cabo hasta la cota indicada en los planos o la ordenada por el Interventor.

233.4.5 Control del tránsito

El Constructor deberá instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, los cuales deberán garantizar la permanente seguridad, tanto del personal y de los equipos de construcción, como de usuarios y transeúntes.

233.4.6 Limitaciones en la ejecución

Por ningún motivo se permitirá adelantar los trabajos objeto del presente Artículo cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a dos grados Celsius (2° C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

Los trabajos se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

233.4.7 Manejo ambiental

Al respecto, rige en un todo lo especificado en el Artículo 106, "Aspectos ambientales."

233.4.8 Reparaciones

Todos los defectos que se presenten en la extensión, en los traslapes, en las uniones, en los elementos de sujeción, en los cortes de la geomalla; en la extensión y compactación del material de cobertura; así como los que se deriven de un incorrecto control del tránsito recién terminados los trabajos, deberán ser corregidos por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones del Interventor, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

233.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

233.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción;
- Verificar que la subrasante o la capa de apoyo estén preparadas adecuadamente y que se cumplan las dimensiones y cotas señaladas en los planos o las ordenadas por el Interventor, antes de autorizar la colocación de la geomalla;
- Verificar que cada rollo de geomalla tenga en forma clara la información del fabricante, el número del lote y la referencia del producto, así como la composición química del mismo;
- Comprobar que durante el transporte y el almacenamiento, las geomallas tengan los empaques que las protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo, y otros materiales que puedan afectar sus propiedades;
- Verificar que el sistema de almacenamiento garantice la protección de las geomallas contra cualquier tipo de deterioro;
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado, en cuanto a la preparación de la subrasante o capa granular de apoyo, la colocación de la geomalla y la construcción de las capas de material de cobertura;
- Efectuar ensayos de control sobre la geomalla, en un laboratorio independiente al del fabricante o proveedor, y los ensayos pertinentes al material de cobertura;

El Interventor medirá, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas a satisfacción.

233.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

233.5.2.1 Calidad de la geomalla

Por cada lote de rollos que llegue a la obra, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante de la geomalla, donde se establezca el nombre del producto, la composición química y toda la información que describa la geomalla, así como los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras

representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer todas las condiciones establecidas en los documentos del proyecto o en la Tabla 233 - 1, según los que prevalezcan. El Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de geomalla que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Dicha constancia no evitará, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del Interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega.

Además, el Interventor deberá escoger al azar un número de rollos equivalente a la raíz cúbica del número total de rollos que conformen el lote. Se evaluarán rollos estándar con un área entre cuatrocientos y seiscientos metros cuadrados (400 y 600 m^2) cada uno. En el caso de rollos con áreas diferentes, el total de metros cuadrados se deberá convertir a unidades de rollos equivalentes de quinientos metros cuadrados (500 m^2).

De cada rollo se deberán descartar las dos primeras vueltas de geomalla para el muestreo. Posteriormente, se deberá tomar una muestra, como mínimo de un metro lineal (1 m) por el ancho correspondiente al rollo, verificando que esté totalmente seca y limpia. Tales especímenes, debidamente identificados (número de lote, referencia del producto, etc.), se deberán empacar y enviar a un laboratorio distinto al del fabricante o proveedor, para que les sean realizadas las pruebas especificadas en los documentos del proyecto o en la Tabla 233 - 4, según lo que prevalezca.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos.

Tabla 233 - 4. Pruebas de verificación de la calidad de la geomalla

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO
Propiedades de refuerzo	
Resistencia última a la tensión en prueba con costillas múltiples (kN/m) (Nota 3)	ASTM D 6637

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO
Módulos secantes a la tensión para el 2 % y el 5 % de elongación (kN/m)	ASTM D 6637
Área abierta, como % del área total	Medido
Tamaño de abertura, mm (Nota 2)	Medido
Propiedades de supervivencia	
Resistencia de las uniones o nodos, VMPR (N)	GRI GG2 (Nota 1)
Estabilidad ultravioleta: resistencia retenida después de 500 horas de exposición (%)	ASTM D 4355

Nota 1: GRI método de ensayo del Geosynthetic Research Institute

Nota 2: la abertura de la geomalla se medirá con un calibrador tipo Vernier, con precisión de 0.01 mm; se medirán las dimensiones internas (entre costillas) en cada dirección principal, en 5 sitios escogidos aleatoriamente

Nota 3: Para aplicaciones de refuerzo de capas granulares

233.5.2.2 Calidad del producto terminado

La geomalla colocada deberá presentar una superficie uniforme y templada. Se deberá verificar, además, que:

- La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la geomalla no sea inferior a la señalada en los planos o la definida por Interventor;
- Los traslajos, las uniones y las sujeciones cumplan con los requisitos establecidos en este Artículo.

233.6 MEDIDA

La unidad de medida será el metro cuadrado (m²), aproximado al entero, de geomalla colocada a satisfacción del Interventor, de acuerdo con lo exigido por la presente especificación. El área se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje de la vía, por el ancho especificado en los planos u

ordenado por el Interventor. No se medirá ningún área por fuera de tales límites, ni se considerarán, para efecto del pago, los traslapos.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

233.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por metro cuadrado (m^2), para todo trabajo ejecutado de acuerdo con la presente especificación y aceptado a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir el suministro, almacenamiento y transporte de la geomalla; la colocación de la geomalla, con sus uniones y elementos de fijación; los traslapos; los desperdicios; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos y el período posterior en que se deba impedir o controlar, de acuerdo con las instrucciones del Interventor; así como toda labor, mano de obra, equipo o material necesario para la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

El material de cobertura se pagará de acuerdo a la especificación que corresponda al material utilizado, según se indica en el numeral 233.2.3.

La instalación del geotextil de separación, si se requiere, se pagará según el Artículo 231, "Separación de suelos de subrasante y capas granulares con geotextil".

233.8 ÍTEM DE PAGO

233.1	Geomalla para estabilización de suelos de subrasante	Metro cuadrado (m^2)
233.10	Geomalla para refuerzo de capas granulares	Metro cuadrado (m^2)

Nota: Se deberá elaborar un ítem de pago diferente para cada tipo de geomalla que se especifique en el contrato.

CONFORMACIÓN DE TALUDES EXISTENTES

ARTÍCULO 234 – 13

234.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en las operaciones necesarias para mejorar geométricamente superficies irregulares o deterioradas de taludes existentes de excavaciones, terraplenes y pedraplenes que así lo requieran, de acuerdo con los documentos del proyecto.

La ejecución de las labores de acabado geométrico de taludes nuevos que se construyan como parte del proyecto está incluida en las respectivas unidades de obra: Artículos 210, “Excavación de la explanación, canales y préstamos”; 220, “Terraplenes” y 221, “Pedraplenes”, según corresponda.

234.2 MATERIALES

Los materiales requeridos para las operaciones de relleno descritas en el numeral 234.4, serán los que autorice el Interventor, provenientes de las obras de la explanación.

234.3 EQUIPO

El Constructor propondrá, para consideración del Interventor, los equipos más adecuados para las operaciones por realizar; los equipos y procedimientos constructivos deberán garantizar la conservación de obras elaboradas previamente, árboles u otros elementos existentes; y garantizarán el avance físico de ejecución, según el programa de trabajo.

234.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

Las obras de conformación de taludes existentes se ejecutarán con posterioridad a la construcción de los drenes y obras de arte que puedan impedir o dificultar su realización.

Se eliminará de la superficie de los taludes cualquier material blando, inadecuado o inestable que no se pueda compactar debidamente o que el Interventor considere

que no sirva a los fines previstos. Los huecos resultantes se rellenarán con materiales adecuados provenientes de la misma explanación, de acuerdo con las indicaciones del Interventor.

En caso de que se produzca un deslizamiento o un proceso de inestabilidad en el talud de un terraplén, se deberá retirar y sustituir el material afectado por el mismo, y reparar el daño producido en la obra. El contacto entre el material sustituido y el remanente en el talud se deberá escalonar para asegurar la estabilidad del primero. A continuación, la superficie final del talud se deberá perfilar de acuerdo con los criterios definidos en este Artículo.

Los taludes deberán quedar conformados de acuerdo con el proyecto y las órdenes complementarias del Interventor, debiendo mantenerse en perfecto estado hasta el recibo definitivo de las obras, tanto en lo que se refiere a los aspectos funcionales como a los estéticos.

El perfilado de taludes que se efectúe para armonizar con el paisaje circundante se deberá hacer con una transición gradual entre taludes de distinta inclinación. En los tramos de paso de excavación a terraplén y viceversa, los taludes se alabearán para unirlos sin discontinuidades visibles.

El acabado de los taludes será suave, uniforme y acorde con la superficie del terreno y la vía.

234.4.1 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá adelantar los trabajos objeto del presente Artículo cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a dos grados Celsius (2° C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

Los trabajos se deberán realizar en condiciones de luz solar.

234.4.2 Manejo ambiental

Al respecto, rige en un todo lo especificado en el Artículo 106, "Aspectos ambientales", de las presentes especificaciones.

234.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

234.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Comprobar el estado y funcionamiento del equipo de construcción;
- Verificar la eficiencia y seguridad de los procedimientos de construcción;
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo;
- Verificar el alineamiento, perfil y sección de las áreas conformadas;
- Comprobar que se cumplen las exigencias de la ejecución de los trabajos y las tolerancias definidas en el presente Artículo;

El Interventor medirá, para efectos de pago, las unidades de trabajo ejecutado por el Constructor en acuerdo a la presente especificación.

234.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Los taludes deberán ser perfilados de acuerdo con las pendientes establecidas en los planos del proyecto o las instrucciones del Interventor. Ningún punto de su superficie podrá alejarse más de diez centímetros (10 cm) del plano teórico de dicho talud; si el material del talud es conglomerado o roca, la tolerancia será de treinta centímetros (30 cm).

La medida se hará en la dirección perpendicular al plano del talud. Se exceptúan de estos requisitos las áreas con afloramientos rocosos, cuya permanencia haya sido autorizada por el Interventor.

234.6 MEDIDA

La conformación de taludes existentes se pagará por metro cuadrado (m^2), aproximado a la unidad, medido sobre el plano del talud. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

234.7 FORMA DE PAGO

El trabajo de conformación de taludes existentes se pagará al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con este Artículo y las instrucciones del Interventor y aceptada a satisfacción por éste.

El precio unitario para la conformación de taludes existentes deberá cubrir todos los costos por concepto de excavación, remoción, cargue, acarreo libre, y descargue de los materiales en la zona de utilización o desecho; así como toda labor, mano de obra, equipo o material necesarios para la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

234.8 ÍTEM DE PAGO

234.1 Conformación de taludes existentes

Metro cuadrado
(m²)

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE CON CEMENTO

ARTÍCULO 235 – 13

235.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el mejoramiento de los suelos de subrasante mediante su mezcla homogénea con cemento hidráulico, de acuerdo con las dimensiones, alineamientos y secciones indicados en los documentos del proyecto o determinados por el Interventor.

235.2 MATERIALES

235.2.1 Suelos de subrasante

Los suelos de subrasante para su estabilización con cemento deberán cumplir los requisitos mínimos que se indican en la Tabla 235 - 1.

Los documentos del proyecto podrán establecer requisitos adicionales para los suelos de subrasante por estabilizar con cemento.

Tabla 235 - 1. Requisitos de suelos de subrasante para la estabilización con cemento

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Limpieza (F)		
Contenido de materia orgánica, máximo (%)	E-121	0.1
Características químicas (O)		
Proporción de sulfatos, expresada como SO_4^{2-} , máximo (%)	E-233	0.3
Reactividad Álcali - Agregado: Concentración SiO_2 y reducción de alcalinidad R	E-235	$\text{SiO}_2 \leq R$ cuando $R \geq 70$ $\text{SiO}_2 \leq 35 + 0,5R$ cuando $R < 70$

235.2.2 Cemento

El cemento utilizado será hidráulico, de marca aprobada oficialmente, el cual deberá cumplir lo indicado en el Artículo 501, "Suministro de cemento hidráulico". Si los documentos del proyecto o una especificación particular no señalan algo diferente, se empleará cemento hidráulico de uso general.

El Constructor deberá presentar los resultados de todos los ensayos físicos y químicos relacionados con el cemento, como parte del diseño de la mezcla.

Si por alguna razón el cemento ha fraguado parcialmente o contiene terrones del producto endurecido, no podrá ser utilizado. Tampoco se permitirá el empleo de cemento extraído de bolsas usadas en jornadas anteriores.

235.2.3 Agua

El agua que se requiera para la estabilización deberá ser limpia y libre de materia orgánica, álcalis y otras sustancias perjudiciales. Puede ser agua potable; si no lo es, deberá cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 235 - 2.

Tabla 235 - 2. Requisitos del agua no potable para la estabilización de subrasantes con cemento

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO ASTM	REQUISITO
pH	D-1293	5.5 - 8.0
Contenido de sulfatos, expresado como $\text{SO}_4^{=}$, máximo (g/l)	D-516	1.0

235.3 EQUIPO

Básicamente, el equipo estará constituido por equipos para la escarificación y la elaboración de la mezcla (máquina estabilizadora), motoniveladora, compactadores, carrotaques para aplicar agua, elementos de transporte y herramientas menores.

El Constructor deberá emplear en la obra el tipo de equipo señalado en los documentos del contrato.

Si los documentos del contrato no definen el equipo, se dará por definido el uso de una máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio como mínima categoría de equipo.

235.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

235.4.1 Diseño de la mezcla y determinación de la fórmula de trabajo

235.4.1.1 Diseño de la mezcla

Los documentos del proyecto establecerán los criterios de diseño de mezcla, dentro de los cuales pueden estar los citados en la Tabla 235 - 3.

Tabla 235 - 3. Criterios de diseño estabilización de subrasantes con cemento

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV
Reducción de la humedad	E-122
Reducción de la plasticidad	E-125 y 126
Reducción de la expansión	E-148
Aumento de la capacidad de soporte	E-148
Resistencia a la compresión inconfiada	E-614

235.4.1.2 Fórmula de trabajo

La fórmula de trabajo establecida como resultado del diseño de la mezcla deberá indicar, como mínimo, lo siguiente:

- La granulometría del material de subrasante por estabilizar;
- El tipo y marca del cemento empleado en el diseño;
- El contenido óptimo de cemento (CFT %);
- El valor de densidad máxima de la mezcla, D_m ;

- El porcentaje óptimo de agua para mezcla y compactación;
- El valor del índice de plasticidad de la mezcla;
- Los valores de todos los criterios de diseño establecidos en los documentos del proyecto.

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se podrá ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación; la fórmula ajustada deberá satisfacer los requisitos establecidos para el diseño de la mezcla.

Si durante la ejecución de las obras se presentan variaciones en las características de los suelos de la subrasante por estabilizar, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

235.4.2 Fase de experimentación

Al comienzo de los trabajos, el Constructor elaborará secciones de ensayo de longitud, ancho y espesor definidos de acuerdo con el Interventor, donde se probará el equipo y se determinará el método definitivo de trabajo, de manera que se cumplan los requisitos de la presente especificación.

El Interventor tomará muestras del material estabilizado y decidirá su conformidad en relación con las condiciones especificadas sobre disgregación, humedad, espesor de la capa, proporción de cemento y demás requisitos exigidos.

En caso que los ensayos indicasen que el material estabilizado no se ajusta a dichas condiciones, el Constructor deberá hacer inmediatamente todas las modificaciones necesarias y, si fuese preciso, modificar el diseño, repitiendo las secciones de ensayo una vez efectuadas las correcciones, hasta que ellas resulten satisfactorias para el Interventor.

235.4.3 Pulverización de los suelos de subrasante

Antes de aplicar el cemento, el suelo de subrasante se pulverizará con la máquina estabilizadora en el ancho y espesor suficientes que permitan

obtener la sección compactada indicada en los planos u ordenada por el Interventor.

La longitud de calzada pulverizada no deberá exceder de la que se pueda tratar y compactar de acuerdo con esta especificación en dos (2) días de trabajo, salvo autorización escrita del Interventor.

Una vez pulverizado el suelo de subrasante, éste se deberá conformar a la sección transversal de la calzada, con el empleo de motoniveladora.

235.4.4 Aplicación del cemento

235.4.4.1 Aplicación del cemento en polvo

El cemento se podrá aplicar en bolsas o a granel. En cualquier caso, se esparcirá sobre el suelo pulverizado empleando el procedimiento aceptado por el Interventor durante la fase de experimentación, de manera que se esparza la cantidad requerida según el diseño más la cantidad prevista por desperdicios, a todo lo ancho de la capa por estabilizar. Durante la aplicación del cemento, la humedad del material no podrá ser superior a la definida durante el proceso de diseño como adecuada para lograr una mezcla íntima y uniforme del material con el cemento. Sobre el cemento esparcido sólo se permitirá el tránsito del equipo que lo va a mezclar con el suelo.

El cemento sólo se podrá extender en la superficie que pueda quedar terminada en la jornada de trabajo.

235.4.4.2 Aplicación del cemento en forma de lechada

La lechada de cemento se elaborará con un mezclador apropiado en proporciones aproximadas en masa de 65 % de agua y 35 % de cemento, con una anticipación no mayor a 30 minutos de su utilización.

La lechada de cemento se añadirá al suelo en forma simultánea con la ejecución de la mezcla con el suelo de subrasante por estabilizar.

235.4.5 Mezcla

Inmediatamente después de ser esparcido el cemento en polvo o simultáneamente con la adición del cemento en forma de lechada, se efectuará la mezcla, empleando el equipo aprobado, en el espesor establecido en los planos u ordenado por el Interventor. El número de pasadas dependerá del equipo utilizado y será el necesario para garantizar la obtención de una mezcla homogénea, según se haya definido en la fase previa de experimentación. En caso de que se requiera, se añadirá el agua faltante y se continuará mezclando hasta que la masa resultante presente completa homogeneidad. La humedad de la mezcla deberá ser la establecida en la fórmula de trabajo, con una tolerancia de más o menos uno por ciento (+/- 1 %).

235.4.6 Compactación

La compactación de la mezcla se realizará de acuerdo con el plan propuesto por el Constructor y aprobado en el Interventor durante la fase previa de experimentación.

Los trabajos de compactación deberán ser terminados en un lapso no mayor de dos (2) horas desde el inicio de la mezcla. Las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitan el empleo del equipo de mezcla y compactación aprobado durante la fase de experimentación, se compactarán con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación. Una vez terminada la compactación, la superficie se deberá mantener húmeda hasta que se aplique el riego de curado.

235.4.7 Juntas de trabajo

Las juntas entre trabajos realizados en días sucesivos se deberán cuidar para proteger la capa construida cuando se vaya a esparcir y compactar la adyacente. Al efecto, al término de la jornada de trabajo se formará una junta transversal perpendicular al eje de la calzada, haciendo un corte vertical en el material compactado.

Si la capa de subrasante estabilizada con cemento no se construye en todo el ancho de la calzada sino por franjas, se deberán disponer juntas longitudinales en corte vertical y paralelas al eje longitudinal de la calzada, mediante un procedimiento aceptable para el Interventor.

235.4.8 Curado de la capa compactada

Terminada la conformación y la compactación de la capa de subrasante estabilizada con cemento, ésta se deberá proteger contra pérdidas de humedad por un período no menor de siete (7) días o hasta que la subrasante estabilizada se cubra con la capa superior (sub-base normalmente), mediante humedecimiento frecuente.

235.4.9 Limitaciones en la ejecución

Las estabilizaciones con cemento sólo se podrán llevar a cabo cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea superior a cinco grados Celsius (5° C) y cuando no haya lluvia o temores fundados de que ella se produzca. En caso de que la mezcla sin compactar sea afectada por agua lluvia y como resultado la humedad de la mezcla supere la tolerancia mencionada en el numeral 235.4.5, el Constructor deberá retirar la mezcla afectada y reconstruir el sector deteriorado a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Los trabajos se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquél. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

235.4.10 Manejo ambiental

Todas las labores requeridas para la ejecución de la estabilización de la subrasante con cemento se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales. Algunos de los cuidados relevantes en relación con la protección ambiental se describen a continuación, sin perjuicio de los que exijan los documentos de cada proyecto en particular o la legislación ambiental vigente:

- Se deberá evitar el tránsito desordenado de equipos de construcción por fuera del área de los trabajos, con el fin de evitar perjuicios innecesarios a la flora y a la fauna, así como interferencias al drenaje natural;
- Los dispositivos de drenaje superficial y la pendiente transversal de la calzada deberán ser mantenidos correctamente durante la ejecución de los trabajos, con el fin de prevenir erosiones y arrastres innecesarios de partículas sólidas;
- El manejo y aplicación del cemento se realizará con las precauciones que exijan las autoridades ambientales.

235.4.11 Conservación de la capa terminada

El Constructor deberá conservar la capa de subrasante estabilizada con cemento en perfectas condiciones, hasta que se construya la capa superior prevista en los documentos del proyecto. Todo daño que se presente deberá corregirlo a plena satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

235.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

235.5.1 Calidad de los materiales

235.5.1.1 Calidad de los suelos de subrasante

Se efectuarán las verificaciones periódicas indicadas en la Tabla 235 - 4. Los resultados obtenidos deberán cumplir con los valores establecidos en la Tabla 235 - 1.

Además, el Interventor podrá adelantar las pruebas adicionales que le permitan tener certeza de la calidad del material por estabilizar, de acuerdo con las exigencias de la presente especificación.

Tabla 235 - 4. Verificaciones periódicas sobre el material por estabilizar

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Limpieza (F)		
Límite Líquido	E-125	1 por jornada
Índice de Plasticidad	E-125 y E-126	1 por jornada
Contenido de materia orgánica	E-121	1 a la semana jornada
Características químicas (O)		
Proporción de sulfatos del material combinado, expresado como $\text{SO}_4^{=}$	E-233	1 al mes
Reactividad Álcali - Agregado: Concentración SiO_2 y reducción de alcalinidad R	E-235	1 al mes

235.5.1.2 Cemento

Cada vez que el Interventor lo considere necesario, se efectuarán los ensayos de control que permitan verificar la calidad del cemento. Los resultados obtenidos deberán cumplir con los requisitos establecidos en el Artículo 501, "Suministro de cemento hidráulico", para el tipo de cemento hidráulico especificado en el proyecto.

Por ningún motivo se permitirá el empleo de cemento endurecido o cuya fecha de vencimiento haya sido superada.

235.5.1.3 Agua

Siempre que tenga alguna sospecha sobre la calidad del agua empleada, se verificará su pH y su contenido de sulfatos. Los resultados obtenidos deberán cumplir con los valores establecidos en la Tabla 235 - 2.

235.5.2 Calidad de la mezcla

235.5.2.1 Contenido de cemento

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 235.5.3, se determinará el contenido de cemento (Norma de ensayo INV E-617).

El porcentaje de cemento promedio de las tres muestras que representan al lote, (CPL %), tendrá una tolerancia de tres por mil (0.3 %), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (CFT %).

$\text{CFT \%} - 0.3 \% \leq \text{CPL \%} \leq \text{CFT \%} + 0.3 \%$	[235.1]
---	---------

A su vez, el porcentaje de cemento de cada muestra individual (CI %), no podrá diferir del valor promedio del lote (CPL %), en más de medio por ciento (0.5 %), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$\text{CPL \%} - 0.5 \% \leq \text{CI \%} \leq \text{CPL \%} + 0.5 \%$	[235.2]
--	---------

Un porcentaje de cemento promedio (CPL %) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso de cemento, el Constructor demuestre que no habrá problemas de comportamiento de la capa de subrasante estabilizada con cemento.

Si el lote es rechazado, el Constructor deberá retirar la capa y reponerla a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías; la capa de reposición deberá mantener las rasantes del proyecto y deberá garantizar unas propiedades de capacidad y estabilidad de la subrasante equivalentes a las contempladas en los documentos del proyecto para la subrasante estabilizada.

El material retirado será de propiedad del Constructor.

235.5.2.2 Resistencia a la compresión inconfiada (cuando los documentos del proyecto establecen un requisito para este parámetro)

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada en la obra se moldearán probetas (dos por muestra) según la norma de ensayo INV E-611, para verificar en el laboratorio su resistencia a compresión simple luego de siete (7) días de curado, de conformidad con un procedimiento similar al realizado durante el diseño de la mezcla. El ensayo de resistencia a la compresión inconfiada se ejecutará según la norma INV E-614.

La resistencia media de las cuatro (4) o más probetas que representan al lote, (R_m), deberá ser igual o superior al noventa y dos por ciento (92 %) de la resistencia correspondiente al diseño presentado por el Constructor (R_d) y aprobado por el Interventor.

$$R_m \geq 0.92 R_d$$

[235.3]

A su vez, la resistencia de cada probeta (R_i) deberá ser igual o mayor al noventa por ciento (90 %) del valor medio, (R_m), admitiéndose sólo un valor individual por debajo de ese límite.

$$R_i \geq 0.90 R_d$$

[235.4]

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se rechazará el lote al cual representan las muestras. Si el lote es rechazado, el Constructor deberá retirar la capa y reponerla a satisfacción plena del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías; la capa de reposición deberá mantener las rasantes del proyecto y deberá garantizar unas propiedades de capacidad y estabilidad de la subrasante equivalentes a las contempladas en los documentos del proyecto para la subrasante estabilizada.

El material retirado será de propiedad del Constructor.

235.5.3 Calidad de la capa terminada

Para efectos del control, se considerará como "lote" que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500m) de capa de subrasante estabilizada con cemento;
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de capa de subrasante estabilizada con cemento;
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustada a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se está construyendo, excluyendo sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Interventor. La cota de cualquier punto de la capa compactada, no deberá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además, se realizarán los siguientes controles:

235.5.3.1 Compactación

Los sitios para la determinación de la densidad de la capa se elegirán al azar, según la norma de ensayo INV E-730 "Selección al azar de sitios para la toma de muestras", pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro. Se deberán efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de la subrasante estabilizada con cemento, se deberá calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de compactación en el laboratorio, mediante la siguiente expresión:

$$GC_i = \frac{V_{d,i}}{V_{d,m\acute{a}x}} \times 100 \quad [235.5]$$

Siendo:

GC_i : Valor individual del grado de compactación, en porcentaje;

$\gamma_{d,i}$: Valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164, sin efectuar corrección de ella por presencia de sobretamaños de manera que corresponda a la muestra total;

$\gamma_{d,máx}$: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-611 “Relaciones humedad-densidad de mezclas de suelo-cemento”, realizado sobre una muestra representativa del mismo.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, se aplicarán los siguientes criterios para la aceptación del lote:

$GC_i (90) \geq 98.0 \%$	se acepta el lote	[235.6]
$GC_i (90) < 98.0 \%$	se rechaza el lote	[235.7]

Siendo:

$GC_i (90)$: Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90 %, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del Artículo 107, “Control y aceptación de los trabajos”, a partir de los valores individuales del grado de compactación GC_i .

Las verificaciones de compactación se deberán efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando. El material retirado será de propiedad del Constructor.

Si el lote es rechazado, el Constructor deberá retirar la capa mediante y reponerla a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías; la capa de reposición deberá mantener las rasantes del proyecto y deberá garantizar unas propiedades de capacidad y estabilidad de la subrasante equivalentes a las contempladas en los documentos del proyecto para la subrasante estabilizada.

235.5.3.2 Espesor

Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, el Interventor determinará el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no podrá ser inferior al de diseño (e_d).

$e_m \geq e_d$	[235.8]
----------------	---------

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i), deberá ser cuando menos igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d), admitiéndose sólo un valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando este valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$e_i \geq 0.90 e_d$	[235.9]
---------------------	---------

Si se incumple alguno de estos requisitos, se rechazará el lote. En este caso, el Constructor deberá retirar la capa y reponerla a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías; la capa de reposición deberá mantener las rasantes del proyecto y deberá garantizar unas propiedades de capacidad y estabilidad de la subrasante equivalentes a las contempladas en los documentos del proyecto para la subrasante estabilizada. El material retirado será de propiedad del Constructor.

Opcionalmente, el Interventor podrá autorizar que la capa de espesor deficiente sea complementada mediante la colocación de un espesor adicional de material estabilizado

de similares características que complete el espesor de diseño, siempre y cuando no se alteren los niveles de rasante del proyecto. En caso de ser autorizada, esta labor será adelantada por el Constructor sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

235.5.3.3 Planicidad

La superficie acabada no podrá presentar, en ningún punto, zonas de acumulación de agua ni irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm), cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), norma de ensayo INV E-793, colocada tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el Interventor, los cuales no podrán estar afectados por cambios de pendiente.

Todas las áreas de capa de subrasante estabilizada con cemento donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deberán ser corregidas por el Constructor de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

235.6 MEDIDA

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3), aproximado al entero, de mezcla colocada y compactada, a satisfacción del Interventor, de acuerdo esta especificación. El volumen se determinará utilizando la longitud real medida a lo largo del eje de la vía y las secciones transversales establecidas en los planos del proyecto, previa verificación de que su anchura y espesor se encuentren conformes con dichos planos y dentro de las tolerancias permitidas en este Artículo.

No se medirán cantidades en exceso de las especificadas, especialmente cuando ellas se produzcan por sobreexcavaciones de la subrasante por parte del Constructor.

Si los documentos del proyecto indican que el cemento se paga por aparte, la unidad de medida será el kilogramo (kg), aproximado al kilogramo completo, incorporado en la mezcla, debidamente aceptada por el Interventor.

En este caso, para determinar la cantidad de cemento efectivamente incorporada a la mezcla se tomará el porcentaje de cemento promedio del lote (CPL),

determinado en los ensayos de contenido de cemento realizados a la mezcla como se indica en el numeral 235.5.2.1, se efectuará el cálculo correspondiente y se aproximará al kilogramo completo.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

235.7 FORMA DE PAGO

El pago de la subrasante estabilizada con cemento se hará por metro cúbico al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con este Artículo y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir la escarificación de la subrasante en el espesor requerido y su posterior pulverización hasta cumplir las exigencias de este Artículo; los costos de suministro del cemento en el sitio; los costos de suministro en el sitio del agua que se pueda requerir para la estabilización y los costos de mezcla, colocación, nivelación y compactación.

El precio unitario deberá incluir, también, el suministro en el sitio y la aplicación del agua para el curado de la capa compactada y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de obtención de todos los permisos ambientales requeridos; las instalaciones provisionales; los costos de los desvíos que se requieran construir durante la ejecución de las obras. Además, deberá incluir los costos de la fase de experimentación, de todos los ensayos de campo y de laboratorio que estén a cargo del Constructor así como los de la señalización preventiva de la vía y el control del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos, los de la conservación de la capa terminada y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de la capa respectiva.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de los requisitos establecidos en el Artículo 106, "Aspectos Ambientales".

Si los documentos del proyecto indican que el cemento se paga por aparte, el precio unitario de la subrasante estabilizada con cemento excluye el suministro en el sitio del mismo.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de la administración, los imprevistos y la utilidad del Constructor.

235.8 ÍTEM DE PAGO

Opción 1: El precio unitario de subrasante estabilizada con cemento incluye el suministro del cemento

235.1	Subrasante estabilizada con cemento (incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m ³)
-------	--	--------------------------------

Opción 2: El precio unitario de subrasante estabilizada con cemento no incluye el suministro del cemento

235.10	Subrasante estabilizada con cemento (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m ³)
--------	---	--------------------------------

235.11	Cemento para estabilización de subrasante	Kilogramo (Kg)
--------	---	----------------

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente
NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE CON CAL

ARTÍCULO 236 – 13

236.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el mejoramiento de los suelos de subrasante mediante su mezcla homogénea con cal hidratada, de acuerdo con las dimensiones, alineamientos y secciones indicados en los documentos del proyecto o determinados por el Interventor.

236.2 MATERIALES

236.2.1 Suelos de subrasante

Los suelos de subrasante para su estabilización con cal deberán cumplir los requisitos generales que se indican en la Tabla 236 - 1.

Tabla 236 - 1. Requisitos de suelos de subrasante para la estabilización con cal

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Composición (F)		
- Material que pasa el tamiz de 4.75mm (No. 4), mínimo (%)	E-213	50
- Material que pasa el tamiz de 0.075mm (No. 200), mínimo (%)	E-214	25
Limpieza (F)		
Límite líquido, mínimo (%)	E-125	40
Índice de plasticidad, mínimo (%)	E-125 y E-126	10
Contenido de materia orgánica, máximo (%)	E-121	0.1
Características químicas (O)		
Proporción de sulfatos, expresada como $\text{SO}_4^{=}$, máximo (%)	E-233	0.3

Reactividad Álcali - Agregado: Concentración SiO ₂ y reducción de alcalinidad R	E-234	$\text{SiO}_2 \leq R$ cuando $R \geq 70$ $\text{SiO}_2 \leq 35 + 0,5R$ cuando $R < 70$
--	-------	--

236.2.2 Cal

Se usará cal hidratada que cumpla con los requisitos de la Tabla 236 - 2.

Tabla 236 - 2. Características de la cal hidratada para estabilización de subrasante

PROPIEDADES	PARÁMETRO	REQUISITO
Químicas	Óxido total (CaO + MgO), sobre base no volátil, mínimo (%)	90
	Dióxido de carbono, tomado en la planta de fabricación, máximo (%)	5
	Cal aprovechable según la ASTM C25, o la AASHTO T219, mínimo (%)	90 sobre una base no volátil 70 sobre una base volátil
Físicas	Humedad libre en punto de fabricación, máximo (%)	2
	Distribución de tamaños	- Partículas retenidas en el tamiz de 0.569 mm (No. 30), 3 % máximo. - Partículas retenidas en el tamiz de 0.075 mm (No. 200), 25 % máximo

No se permitirá el empleo de cal que haya fraguado parcialmente o contenga terrones del producto endurecido. Tampoco se permitirá el empleo de cal extraída de bolsas usadas en jornadas anteriores.

236.2.3 Agua

El agua que se requiera para la estabilización deberá ser limpia y libre de materia orgánica, álcalis y otras sustancias perjudiciales. Puede ser agua potable; si no lo es, deberá cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 236 - 3.

Tabla 236 - 3. Requisitos del agua no potable para la estabilización de subrasantes con cal

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO ASTM	REQUISITO
pH	D-1293	5.5 - 8.0
Contenido de sulfatos, expresado como SO_4^- , máximo (g/l)	D-516	1.0

236.3 EQUIPO

Básicamente, el equipo estará constituido por equipos para la escarificación y la elaboración de la mezcla (máquina estabilizadora), motoniveladora, compactadores, carrotaques para aplicar agua, elementos de transporte y herramientas menores.

El Constructor deberá emplear en la obra el tipo de equipo señalado en los documentos del contrato.

Si los documentos del contrato no definen el equipo, se dará por definido el uso de una máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio como mínima categoría de equipo.

236.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

236.4.1 Diseño de la mezcla y determinación de la fórmula de trabajo

236.4.1.1 Diseño de la mezcla

Los documentos del proyecto establecerán los criterios de diseño de mezcla, dentro de los cuales pueden estar los citados en la Tabla 236 - 4.

Tabla 236 - 4. Criterios de diseño estabilización de subrasantes con cal

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV
Reducción de la humedad	E-122
Reducción de la plasticidad	E-604, E-125 y 126
Reducción de la expansión	E-148, E-607
Aumento de la capacidad de soporte	E-148
Resistencia a la compresión inconfiada	E-605

236.4.1.2 Fórmula de trabajo

La fórmula de trabajo establecida como resultado del diseño de la mezcla deberá indicar, como mínimo, lo siguiente:

- La granulometría del material de subrasante por estabilizar;
- El tipo y marca de la cal empleada en el diseño;
- El contenido de cal útil vial de la cal empleada en el diseño;
- El contenido óptimo de cal (CFT %);
- El valor de densidad máxima de la mezcla, D_m ;
- El porcentaje óptimo de agua para mezcla y compactación;
- El valor del índice de plasticidad de la mezcla;
- Los valores de todos los criterios de diseño establecidos en los documentos del proyecto.

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se podrá ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación; la fórmula ajustada deberá satisfacer los requisitos establecidos para el diseño de la mezcla.

Si durante la ejecución de las obras se presentan variaciones en las características de los suelos de la subrasante por estabilizar, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

236.4.2 Fase de experimentación

Al comienzo de los trabajos, el Constructor elaborará secciones de ensayo de longitud, ancho y espesor definidos de acuerdo con el Interventor, donde se probará el equipo y se determinará el método definitivo de trabajo, de manera que se cumplan los requisitos de la presente especificación.

El Interventor tomará muestras del material estabilizado y decidirá su conformidad en relación con las condiciones especificadas sobre disgregación, humedad, espesor de la capa, proporción de cal y demás requisitos exigidos.

En caso que los ensayos indicasen que el material estabilizado no se ajusta a dichas condiciones, el Constructor deberá hacer inmediatamente todas las modificaciones necesarias y, si fuese preciso, modificar el diseño, repitiendo las secciones de ensayo una vez efectuadas las correcciones, hasta que ellas resulten satisfactorias para el Interventor.

236.4.3 Pulverización de los suelos de subrasante

Antes de aplicar la cal, el suelo de subrasante se pulverizará con la máquina estabilizadora en el ancho y espesor suficientes que permitan obtener la sección compactada indicada en los planos u ordenada por el Interventor.

La longitud de calzada pulverizada no deberá exceder de la que se pueda tratar y compactar de acuerdo con esta especificación en dos (2) días de trabajo, salvo autorización escrita del Interventor.

Una vez pulverizado el suelo de subrasante, éste se deberá conformar a la sección transversal de la calzada, con el empleo de motoniveladora.

236.4.4 Aplicación de la cal**236.4.4.1 Aplicación de la cal en polvo**

La cal se podrá aplicar en bolsas o a granel. En cualquier caso, se esparcirá sobre el suelo pulverizado empleando el procedimiento aceptado por el Interventor durante la fase de experimentación, de manera que se esparza la cantidad requerida según el diseño más la cantidad prevista por desperdicios, a todo lo ancho de la capa por estabilizar. Durante la aplicación de la cal, la humedad del material no podrá ser superior a la definida durante el proceso de diseño como adecuada para lograr una mezcla íntima y uniforme del material con la cal. Sobre la cal esparcida sólo se permitirá el tránsito del equipo que la va a mezclar con el suelo.

La cal sólo se podrá extender en la superficie que pueda quedar terminada en la jornada de trabajo.

236.4.4.2 Aplicación de la cal en forma de lechada

La lechada de cal se fabricará con un mezclador apropiado en proporciones aproximadas en masa de 65 % de agua y 35 % de cal hidratada, con una anticipación no mayor a 30 minutos de su utilización.

La lechada de cal se añadirá al suelo en forma simultánea con la ejecución de la mezcla con el suelo de subrasante por estabilizar.

236.4.5 Mezcla

Inmediatamente después de ser esparcida la cal en polvo o simultáneamente con la adición de la cal en forma de lechada, se efectuará la mezcla, empleando el equipo aprobado, en el espesor establecido en los planos u ordenado por el Interventor. El número de pasadas dependerá del equipo utilizado y será el necesario para garantizar la obtención de una mezcla homogénea, según se haya definido en la fase previa de experimentación. En caso de que se requiera, se añadirá el agua faltante y se continuará mezclando hasta que la masa resultante presente completa homogeneidad. La humedad de la mezcla

deberá ser la establecida en la fórmula de trabajo, con una tolerancia de más o menos uno por ciento (+/- 1 %).

236.4.6 Compactación

La compactación de la mezcla se realizará de acuerdo con el plan propuesto por el Constructor y aprobado en el Interventor durante la fase previa de experimentación.

Los trabajos de compactación deberán ser terminados en un lapso no mayor de dos (2) horas desde el inicio de la mezcla. Las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitan el empleo del equipo de mezcla y compactación aprobado durante la fase de experimentación, se compactarán con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación. Una vez terminada la compactación, la superficie se deberá mantener húmeda hasta que se aplique el riego de curado.

236.4.7 Juntas de trabajo

Las juntas entre trabajos realizados en días sucesivos se deberán cuidar para proteger la capa construida cuando se vaya a esparcir y compactar la adyacente. Al efecto, al término de la jornada de trabajo se formará una junta transversal perpendicular al eje de la calzada, haciendo un corte vertical en el material compactado.

Si la capa de subrasante estabilizada con cal no se construye en todo el ancho de la calzada sino por franjas, se deberán disponer juntas longitudinales en corte vertical y paralelas al eje longitudinal de la calzada, mediante un procedimiento aceptable para el Interventor.

236.4.8 Curado de la capa compactada

Terminada la conformación y compactación de la capa de subrasante estabilizada con cal, ésta se deberá proteger contra pérdidas de humedad por un período no menor de siete (7) días o hasta que la subrasante estabilizada se cubra con la capa superior (sub-base normalmente), mediante humedecimiento frecuente.

236.4.9 Limitaciones en la ejecución

Las estabilizaciones con cal sólo se podrán llevar a cabo cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea superior a cinco grados Celsius (5° C) y cuando no haya lluvia o temores fundados de que ella se produzca. En caso de que la mezcla sin compactar sea afectada por agua lluvia y, como resultado de ello, la humedad de la mezcla supere la tolerancia mencionada en el numeral 236.4.5, el Constructor deberá retirar la mezcla afectada y reconstruir el sector deteriorado a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Los trabajos se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquél. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

236.4.10 Manejo ambiental

Todas las labores requeridas al ejecutar la estabilización de la subrasante con cal se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales. Algunos de los cuidados relevantes en relación con la protección ambiental se describen a continuación, sin perjuicio de los que exijan los documentos de cada proyecto en particular o la legislación ambiental vigente:

- Se deberá evitar el tránsito desordenado de equipos de construcción por fuera del área de los trabajos, con el fin de evitar perjuicios innecesarios a la flora y a la fauna, así como interferencias al drenaje natural;
- Los dispositivos de drenaje superficial y la pendiente transversal de la calzada deberán ser mantenidos correctamente durante la ejecución de los trabajos, con el fin de prevenir erosiones y arrastres innecesarios de partículas sólidas;

- El manejo y aplicación de la cal se realizará con las precauciones que exijan las autoridades ambientales.

236.4.11 Conservación de la capa terminada

El Constructor deberá conservar la capa de subrasante estabilizada con cal en perfectas condiciones, hasta que se construya la capa superior prevista en los documentos del proyecto. Todo daño que se presente deberá corregirlo a plena satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

236.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

236.5.1 Calidad de los materiales

236.5.1.1 Calidad de los suelos de subrasante

Se efectuarán las verificaciones periódicas indicadas en la Tabla 236 - 5. Los resultados obtenidos deberán cumplir con los valores establecidos en la Tabla 236 - 1.

Además, el Interventor podrá adelantar las pruebas adicionales que le permitan tener certeza de la calidad del material por estabilizar, de acuerdo con las exigencias de la presente especificación.

Tabla 236 - 5. Verificaciones periódicas sobre el suelo por estabilizar

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Limpieza (F)		
Límite Líquido	E-604, E-125	1 por jornada
Índice de Plasticidad	E-604, E-125 y E-126	1 por jornada
Contenido de materia orgánica	E-121	1 a la semana
Características químicas (O)		
Proporción de sulfatos del material combinado, expresado como $\text{SO}_4^{=}$	E-233	1 al mes

Reactividad Álcali - Agregado Concentración SiO ₂ y reducción de alcalinidad R	E-234	1 al mes
---	-------	----------

236.5.1.2 Cal

Cada vez que el Interventor lo considere necesario, se efectuarán los ensayos de control que permitan verificar la calidad de la cal. Los resultados obtenidos deberán cumplir con los valores establecidos en la Tabla 236 - 2.

Por ningún motivo se permitirá el empleo de cal endurecida o cuya fecha de vencimiento haya sido superada.

236.5.1.3 Agua

Siempre que tenga alguna sospecha sobre la calidad del agua empleada, se verificarán su pH y su contenido de sulfatos. Los resultados obtenidos deberán cumplir con los valores establecidos en la Tabla 236 - 3.

236.5.2 Calidad de la mezcla

236.5.2.1 Contenido de cal

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 236.5.3, se determinará el contenido de cal (Norma de ensayo INV E-606).

El porcentaje de cal promedio de las tres muestras que representan al lote, (CPL %), tendrá una tolerancia de tres por mil (0.3 %), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (CFT %).

$$CFT \% - 0.3 \% \leq CPL \% \leq CFT \% + 0.3 \%$$

[236.1]

A su vez, el porcentaje de cal de cada muestra individual (CI %), no podrá diferir del valor promedio del lote (CPL%), en más de medio por ciento (0.5 %), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$\text{CPL \%} - 0.5 \% \leq \text{CI \%} \leq \text{CPL \%} + 0.5 \%$$

[236.2]

Un porcentaje de cal promedio (CPL %) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso de cal, el Constructor demuestre que no habrá problemas de comportamiento de la capa de subrasante estabilizada con cal.

Si el lote es rechazado, el Constructor deberá retirar la capa y reponerla a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías; la capa de reposición deberá mantener las rasantes del proyecto y deberá garantizar unas propiedades de capacidad y estabilidad de la subrasante equivalentes a las contempladas en los documentos del proyecto para la subrasante estabilizada.

El material retirado será de propiedad del Constructor.

236.5.2.2 Resistencia a la compresión inconfiada (cuando los documentos del proyecto establecen un requisito para este parámetro)

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada en la obra se moldearán probetas (dos por muestra) según la norma de ensayo INV E-605, para verificar en el laboratorio su resistencia a compresión simple luego de siete (7) días de curado, de conformidad con un procedimiento similar al realizado durante el diseño de la mezcla.

La resistencia media de las cuatro (4) o más probetas que representan al lote, (R_m), deberá ser igual o superior al noventa y dos por ciento (92 %) de la resistencia correspondiente al diseño presentado por el Constructor (R_d) y aprobado por el Interventor.

$$R_m \geq 0.92 R_d$$

[236.3]

A su vez, la resistencia de cada probeta (R_i) deberá ser igual o mayor al noventa por ciento (90 %) del valor medio, (R_m), admitiéndose sólo un valor individual por debajo de ese límite.

$$R_i \geq 0.90 R_d$$

[236.4]

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se rechazará el lote al cual representan las muestras. Si el lote es rechazado, el Constructor deberá retirar la capa y reponerla a satisfacción plena del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías; la capa de reposición deberá mantener las rasantes del proyecto y deberá garantizar unas propiedades de capacidad y estabilidad de la subrasante equivalentes a las contempladas en los documentos del proyecto para la subrasante estabilizada.

El material retirado será de propiedad del Constructor.

236.5.3 Calidad de la capa terminada

Para efectos del control, se considerará como "lote" que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500m) de capa de subrasante estabilizada con cal;
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de capa de subrasante estabilizada con cal;
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustada a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se está construyendo, excluyendo sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Interventor. La cota de cualquier punto de la capa compactada, no deberá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además, se realizarán los siguientes controles:

236.5.3.1 Compactación

Los sitios para la determinación de la densidad de la capa se elegirán al azar, según la norma de ensayo INV E-730, “Selección al azar de sitios para la toma de muestras”, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro. Se deberán efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de la subrasante estabilizada con cal, se deberá calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de compactación en el laboratorio, mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,máx}} \times 100 \quad [236.5]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,máx}} \times 100 \quad [236.6]$$

Siendo:

GC_i : Valor individual del grado de compactación, en porcentaje;

$\gamma_{d,i}$: Valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164, sin efectuar corrección de ella por presencia de sobretamaños de manera que corresponda a la muestra total;

$\gamma_{d,m\acute{a}x}$: Valor del peso unitario seco máximo, obtenido durante el diseño de la mezcla según se indica en el numeral 6.2.2, “Determinación de la humedad óptima de la mezcla suelo-cal”, de la norma de ensayo INV E-605 “Resistencia a la compresión inconfiada de mezclas compactadas de suelo-cal”;

$C\gamma_{d,m\acute{a}x}$: Valor del peso unitario seco máximo, obtenido durante el diseño de la mezcla según se indica en el numeral 6.2.2 de la norma de ensayo INV E-605, y corregido por sobretamaños según la norma de ensayo INV E-143, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total;

Sobretamaños (fracción gruesa) (P_{FG}): Porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (norma INV E-141).

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, se aplicarán los siguientes criterios para la aceptación del lote:

$GC_i(90) \geq 98.0 \%$	se acepta el lote	[236.7]
$GC_i(90) < 98.0 \%$	se rechaza el lote	[236.8]

Siendo:

$GC_i(90)$: Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90 %, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del Artículo 107, “Control y aceptación de los trabajos”, a partir de los valores individuales del grado de compactación GC_i .

Las verificaciones de compactación se deberán efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Si el lote es rechazado, el Constructor deberá retirar la capa y reponerla a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías; la capa de reposición deberá mantener las rasantes del proyecto y deberá garantizar unas propiedades de capacidad y estabilidad de la subrasante equivalentes a las contempladas en los documentos del proyecto para la subrasante estabilizada.

El material retirado será de propiedad del Constructor.

236.5.3.2 Espesor

Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, el Interventor determinará el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no podrá ser inferior al de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad [236.9]$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i), deberá ser cuando menos igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d), admitiéndose sólo un valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando este valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.90 \ e_d \quad [236.10]$$

Si se incumple alguno de estos requisitos, se rechazará el lote. En este caso, el Constructor deberá retirar la capa y reponerla a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías; la capa de reposición deberá mantener las rasantes del proyecto y deberá garantizar unas propiedades de capacidad y estabilidad de la subrasante equivalentes a las contempladas en los documentos del proyecto para la subrasante estabilizada. El material retirado será de propiedad del Constructor.

Opcionalmente, el Interventor podrá autorizar que la capa de espesor deficiente sea complementada mediante la

colocación de un espesor adicional de material estabilizado de similares características que complete el espesor de diseño, siempre y cuando no se alteren los niveles de rasante del proyecto. En caso de ser autorizada, esta labor será adelantada por el Constructor sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

236.5.3.3 Planicidad

La superficie acabada no podrá presentar, en ningún punto, zonas de acumulación de agua ni irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm), cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), norma de ensayo INV E-793, colocada tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el Interventor, los cuales no podrán estar afectados por cambios de pendiente.

Todas las áreas de capa de subrasante estabilizada con cal donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deberán ser corregidas por el Constructor de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

236.6 MEDIDA

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3), aproximado al entero, de mezcla colocada y compactada, a satisfacción del Interventor, de acuerdo esta especificación. El volumen se determinará utilizando la longitud real medida a lo largo del eje de la vía y las secciones transversales establecidas en los planos del proyecto, previa verificación de que su anchura y espesor se encuentren conformes con dichos planos y dentro de las tolerancias permitidas en este Artículo.

No se medirán cantidades en exceso de las especificadas, especialmente cuando ellas se produzcan por sobreexcavaciones de la subrasante por parte del Constructor.

Si los documentos del proyecto indican que la cal se paga por aparte, la unidad de medida será el kilogramo (kg), aproximado al kilogramo completo, incorporado en la mezcla, debidamente aceptada por el Interventor.

En este caso, para determinar la cantidad de cal efectivamente incorporada a la mezcla se tomará el porcentaje de cal promedio del lote (CPL), determinado en los ensayos de contenido de cal realizados a la mezcla como se indica en el numeral 236.5.2.1, se efectuará el cálculo correspondiente y se aproximará al kilogramo completo.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

236.7 FORMA DE PAGO

El pago de la subrasante estabilizada con cal se hará por metro cúbico al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con este Artículo y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir la escarificación de la subrasante en el espesor requerido y su posterior pulverización hasta cumplir las exigencias de este Artículo; los costos de suministro de la cal en el sitio; los costos de suministro en el sitio del agua que se pueda requerir para la estabilización y los costos de mezcla, colocación, nivelación y compactación.

El precio unitario deberá incluir, también, el suministro en el sitio del agua para el curado de la capa compactada y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de obtención de todos los permisos ambientales requeridos; las instalaciones provisionales; los costos de los desvíos que se requieran construir durante la ejecución de las obras. Además, deberá incluir los costos de la fase de experimentación, de todos los ensayos de campo y de laboratorio que estén a cargo del Constructor así como los de la señalización preventiva de la vía y el control del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos, los de la conservación de la capa terminada y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de la capa respectiva.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de los requisitos establecidos en el Artículo 106, “Aspectos Ambientales”.

Si los documentos del proyecto indican que la cal se paga por aparte, el precio unitario de la subrasante estabilizada con cal excluye el suministro en el sitio de la misma.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de la administración, los imprevistos y la utilidad del Constructor.

236.8 ÍTEM DE PAGO

Opción 1: El precio unitario de subrasante estabilizada con cal incluye el suministro de la cal.

236.1	Subrasante estabilizada con cal (incluye suministro de la cal)	Metro cúbico (m ³)
-------	--	--------------------------------

Opción 2: El precio unitario de subrasante estabilizada con cal no incluye el suministro de la cal

236.10	Subrasante estabilizada con cal (no incluye suministro de la cal)	Metro cúbico (m ³)
--------	---	--------------------------------

236.11	Cal hidratada para estabilización de subrasante	Kilogramo (Kg)
--------	---	----------------

CAPÍTULO 3 - AFIRMADOS, SUBBASES Y BASES

ART. 300	DISPOSICIONES GENERALES PARA LA EJECUCIÓN DE AFIRMADOS, SUB-BASES Y BASES GRANULARES Y ESTABILIZADAS
ART. 310	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE
ART. 311	AFIRMADO
ART. 312	TRATAMIENTO PALIATIVO DEL POLVO EN AFIRMADOS
ART. 320	SUB-BASE GRANULAR
ART. 330	BASE GRANULAR
ART. 340	BASE ESTABILIZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA
ART. 350	SUELO- CEMENTO
ART. 351	BASE TRATADA CON CEMENTO

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIA

DISPOSICIONES GENERALES PARA LA EJECUCIÓN DE AFIRMADOS, SUB-BASES Y BASES GRANULARES Y ESTABILIZADAS

ARTÍCULO 300 – 13

300.1 DESCRIPCIÓN

Esta especificación presenta las disposiciones que son generales a los trabajos sobre afirmados, sub-bases y bases granulares y estabilizadas.

300.2 MATERIALES

300.2.1 Agregados pétreos

Los agregados para la construcción de afirmados, sub-bases y bases serán naturales clasificados, podrán provenir de la trituración de rocas y gravas, o podrán estar constituidos por una mezcla de productos de ambas procedencias, según se establece en el Artículo correspondiente a cada partida de trabajo.

Las partículas de los agregados serán duras, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables y sin materia orgánica u otras sustancias perjudiciales.

Los requisitos de calidad, limpieza y grado de trituración que deben cumplir los diferentes materiales a emplear en la construcción afirmados, sub-bases y bases granulares y estabilizadas, se indican en los Artículos respectivos.

300.2.2 Estabilizantes

Los requisitos que deben cumplir los estabilizantes para la construcción de capas estabilizadas de base y sub-base, se indican en los Artículos referentes a ellas.

300.3 EQUIPO

Todos los equipos deberán ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requieren la aprobación previa del Interventor, teniendo en cuenta que

su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obras y al cabal cumplimiento de las exigencias de la presente especificación y de la correspondiente partida de trabajo.

300.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

300.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Aplican las disposiciones generales del Artículo 105, “Desarrollo y control de los trabajos”, numeral 105.13.3.

Las fuentes de materiales, así como los procedimientos y los equipos utilizados para la explotación de aquellas y para la elaboración de los agregados requeridos, deberán tener aprobación previa del Interventor, la cual no implica necesariamente la aceptación posterior de los agregados que el Constructor suministre o elabore de tales fuentes, ni lo exime de la responsabilidad de cumplir con todos los requisitos de cada especificación.

Los procedimientos y equipos de explotación, clasificación, trituración, lavado, mezcla de fracciones para obtener una determinada granulometría y el sistema de almacenamiento, deberán garantizar el suministro de un producto de características uniformes. Si el Constructor no cumple con esos requerimientos, el Interventor exigirá los cambios que considere necesarios.

Cuando la obtención de la granulometría especificada requiera de la mezcla de dos o más fracciones de la misma o de diferentes fuentes, esta mezcla se deberá realizar en un patio de trabajo especialmente adecuado para ello y bajo ninguna circunstancia se permitirá su mezclado en la vía.

Siempre que las condiciones lo permitan, los suelos orgánicos existentes en la capa superior de las canteras deberán ser conservados para la posterior recuperación de las excavaciones y de la vegetación nativa. Al abandonar las canteras temporales, el Constructor remodelará el terreno para recuperar las características hidrológicas superficiales de ellas.

300.4.2 Fase de experimentación en la construcción de sub-bases y bases granulares y estabilizadas

Antes de iniciar los trabajos, el Constructor emprenderá una fase de experimentación para verificar el estado de los equipos y determinar, en secciones de ensayo, el método definitivo de preparación, transporte, colocación y compactación de los materiales, de manera que se cumplan los requisitos de cada especificación.

Para tal efecto, se construirán una o varias secciones de ancho y longitud definidos de acuerdo con el Interventor y en ellas se probarán el equipo y el plan de preparación, extensión y compactación.

El Interventor tomará muestras de la capa construida y las ensayará para determinar su conformidad con las condiciones especificadas de granulometría, densidad seca y demás requisitos.

En el caso de que los ensayos indicaren que la sub-base o base granular o estabilizada no se ajusta a dichas condiciones, el Constructor deberá efectuar inmediatamente las correcciones requeridas a los sistemas de preparación, extensión y compactación, hasta que ellos resulten satisfactorios para el Interventor. Sólo cuando estas correcciones hayan sido hechas a satisfacción del Interventor, se autorizará la construcción de la capa a escala industrial.

300.4.3 Acopio de los agregados

Los agregados se deberán acopiar en cobertizos o cubriéndolos con plásticos, de manera que no sufran daños o transformaciones perjudiciales. Cada agregado diferente se deberá acopiar por separado, para evitar cambios en su granulometría original. Los últimos quince centímetros (15 cm) de cada acopio que se encuentren en contacto con la superficie natural del terreno no deberán ser utilizados, a menos que se hayan colocado sobre ésta lonas que prevengan la contaminación del material de acopio o que la superficie tenga pavimento asfáltico o rígido.

300.4.4 Muestreo y ensayos

El Constructor deberá permitir al Interventor la toma de todas las muestras que exigen estas especificaciones, para verificar su conformidad con los requisitos impuestos en ellas.

Siempre que los ensayos den resultados no satisfactorios, el Constructor será el responsable de las consecuencias que se deriven de ello, y todas las correcciones o reparaciones a que haya lugar correrán a su exclusivo cargo, sin que impliquen ningún costo para el Instituto Nacional de Vías.

300.4.5 Transporte de materiales

Todo transporte de materiales sobre las vías públicas se deberá realizar en vehículos aprobados para circular sobre las carreteras nacionales, los cuales deberán cumplir la reglamentación vigente sobre pesos y dimensiones del Ministerio de Transporte, así como las normas sobre protección ambiental, expedidas por la entidad que tenga la jurisdicción respectiva.

Los vehículos deberán contar con dispositivos para depositar los materiales de tal modo que no se produzca segregación, ni se cause daño o contaminación en la superficie existente. Cualquier contaminación que se presentare, deberá ser subsanada por el Constructor, sin cargo para el Instituto Nacional de Vías, antes de proseguir el trabajo.

En aquellos casos en que el transporte de materiales pueda perjudicar la obra en ejecución, el Constructor deberá construirlos desvíos necesarios.

300.4.6 Desvíos

Todos los desvíos que se requieran construir durante la ejecución de las obras deberán permitir la circulación segura y sin inconvenientes. Cuando a juicio del Interventor su construcción no resulte práctica, podrá autorizar las operaciones constructivas por medias calzadas.

En todos los casos, el Constructor está obligado a colocar y mantener el personal y las señales necesarias para guiar el tránsito, de conformidad con lo que establece el Manual de Señalización Vial del Ministerio de Transporte. En caso de que no se cumplan estas condiciones, el Interventor prohibirá la ejecución de trabajos en las zonas afectadas.

300.4.7 Conservación

Toda capa de sub-base o base terminada deberá ser conservada a partir de la fecha de su terminación en las condiciones en que la recibió el Interventor, hasta el instante en que sea recubierta por la capa superior, aun cuando la superficie fuese librada parcial o totalmente al tránsito

público. El Constructor será responsable por toda alteración y deberá reponer la capa en la condición en la cual le fue recibida, sin cargo adicional para el Instituto Nacional de Vías, antes de que el Interventor autorice la colocación de la capa superior.

300.4.8 Manejo ambiental

Todas las labores para la fabricación de capas granulares y estabilizadas se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales. En adición a lo estipulado en el Artículo 106, “Aspectos Ambientales”, se describen a continuación algunos de los cuidados relevantes en relación con la protección ambiental, sin perjuicio de los que exijan los documentos de cada proyecto en particular o la legislación ambiental vigente:

- El Interventor sólo aceptará el uso de las fuentes de materiales, después de que el Constructor presente la correspondiente licencia ambiental de explotación.
- Las instalaciones de trituración y clasificación de agregados no podrán estar localizadas en áreas de preservación ambiental.
- La explotación de las fuentes deberá ser cuidadosamente planeada, de manera de minimizar los daños inevitables y posibilitar la recuperación ambiental una vez culminada la explotación.
- Se deberán construir las piscinas de sedimentación que fuesen necesarias, con el fin de retener las partículas finas sobrantes, evitando su transporte hacia cursos o láminas de agua.
- Si la fuente es una cantera, no se permitirá el desmonte mediante quema y todo material de descapote deberá ser cuidadosamente conservado para colocarlo de nuevo sobre el área explotada, reintegrándola al paisaje.
- Si los agregados son suministrados por terceros, el Constructor deberá entregar al Interventor la documentación que certifique la legalidad de la explotación y el cumplimiento de las disposiciones ambientales vigentes.

- Se deberá evitar el tránsito desordenado de equipos de construcción por fuera del área de los trabajos, con el fin de evitar perjuicios innecesarios a la flora y a la fauna, así como interferencias al drenaje natural.
- Los dispositivos de drenaje superficial y la pendiente transversal de la calzada deberán ser mantenidos correctamente durante la ejecución de los trabajos, con el fin de prevenir erosiones y arrastres innecesarios de partículas sólidas.
- Siempre que se usen estabilizantes, su manejo y aplicación se realizarán con las precauciones que exijan las autoridades ambientales, según el tipo de producto utilizado.

300.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

300.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Comprobar que los materiales cumplan con los requisitos de calidad exigidos en la respectiva especificación.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados de acuerdo con los programas de trabajo.
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aceptado como resultado de la fase de experimentación, en el caso de sub-bases y bases granulares o estabilizadas.
- Ejecutar ensayos de compactación en el laboratorio.
- Verificar la densidad seca de las capas compactadas efectuando la corrección previa por partículas de agregado grueso, siempre que ella sea necesaria. Este control se realizará en el espesor de capa realmente construido de acuerdo con el proceso constructivo aplicado.

- Tomar medidas para determinar espesores y levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie.
- Velar por el cumplimiento de todas las disposiciones relacionadas con el manejo ambiental.

El Interventor medirá, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas a satisfacción.

300.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Tanto las condiciones de recibo como las tolerancias para las obras ejecutadas se indican en los Artículos correspondientes. Aquellas áreas donde los defectos de calidad y las irregularidades excedan las tolerancias, deberán ser corregidas por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a satisfacción de éste.

300.5.3 Medidas de deflexión

Si los documentos del proyecto lo contemplan o lo solicita el Interventor, el Constructor verificará la solidez de la estructura construida al nivel de sub-base o base granular o estabilizada, realizando medidas de deflexión con la viga Benkelman o el deflectómetro de impacto (FWD), de acuerdo con las normas de ensayo INV E-795 o INV E-798. Los resultados de las medidas no constituirán base para aceptación o rechazo de la capa de sub-base de base o base construida, sino que servirán al Instituto Nacional de Vías para verificar la homogeneidad de la estructura que se construye y realizar los ajustes que pudieran resultar necesarios al diseño estructural del pavimento.

300.6 MEDIDA

La medición se efectuará aplicando los procedimientos y unidades de medida que se indican a continuación, con las precisiones que se hacen en algunos de los Artículos del presente capítulo. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida en el respectivo Artículo, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

300.6.1 Construcción de afirmados, sub-bases granulares y bases granulares y estabilizadas

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3), aproximado al entero, de material o mezcla suministrado, colocado y compactado a satisfacción del Interventor, de acuerdo con lo que exija la especificación respectiva. El volumen se determinará utilizando la longitud real medida a lo largo del eje de la vía y las secciones transversales establecidas en los planos del proyecto, previa verificación de que su anchura y espesor se encuentren conformes con dichos planos y dentro de las tolerancias permitidas en la respectiva especificación.

No se medirán cantidades en exceso de las especificadas, especialmente cuando ellas se produzcan por sobreexcavaciones de la subrasante por parte del Constructor.

300.6.2 Ejecución de bacheos con materiales granulares de sub-base y base

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3), aproximado al entero, de bacheo con material de sub-base granular o base granular, según el caso, ejecutado a satisfacción del Interventor, de acuerdo con lo exigido en la especificación respectiva. El volumen se determinará multiplicando la superficie donde el Interventor haya autorizado el trabajo, por el espesor compacto promedio en que se haya colocado el material, de acuerdo con la especificación respectiva.

300.7 FORMA DE PAGO

El pago por la construcción de afirmados, sub-bases granulares y estabilizadas, bases granulares y estabilizadas y bacheos con materiales granulares de sub-base y base, se hará por metro cúbico al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo tanto con este Artículo como con la especificación respectiva y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de adquisición, obtención de permisos y derechos de explotación o alquiler de fuentes de materiales y canteras; obtención de permisos ambientales para la explotación de los suelos y agregados; las instalaciones provisionales; los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes y canteras; los costos de los desvíos que se requieran construir durante la ejecución de las obras; la preparación de las zonas por explotar, así como todos los costos de explotación, selección, trituración, eventual lavado, transportes,

almacenamiento, clasificación, desperdicios, cargues, descargues, mezcla, colocación, nivelación y compactación de los materiales utilizados; y los de extracción, bombeo, transporte y distribución del agua requerida.

Además, deberá incluir los costos de la fase de experimentación cuando ella se encuentre incluida dentro de la respectiva especificación; de todos los ensayos de campo y de laboratorio que estén a cargo del Constructor, incluyendo las medidas de deflexión a las que hace referencia el numeral 300.5.3, así como de la señalización preventiva de la vía y del control del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos, los de la conservación de la capa terminada y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de la capa respectiva.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de adecuación paisajística de las fuentes para recuperar las características hidrológicas al terminar su explotación y demás requisitos establecidos en el Artículo 106, "Aspectos Ambientales".

En el caso de la construcción de sub-bases y bases estabilizadas con materiales provenientes de la misma vía, el precio unitario deberá incluir su escarificación en el espesor requerido y su posterior pulverización hasta cumplir las exigencias de la respectiva especificación. Tanto si los materiales provienen de la misma vía como si son transportados, el precio unitario deberá incluir, también, el suministro en el sitio del agua que se pueda requerir, la aplicación y mezcla del producto estabilizante; así como el suministro, almacenamiento, desperdicios, cargues, transporte, descargues y aplicación del producto requerido para el curado de la capa compactada, según lo exija la respectiva especificación y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

En los Artículos correspondientes, o en las especificaciones particulares del proyecto, se definirá si se excluye del precio unitario de las sub-bases y bases estabilizadas, el suministro en el sitio del producto estabilizante. Si éste no se excluye explícitamente, el precio unitario de la construcción de sub-bases y bases estabilizadas deberá incluir el suministro, almacenamiento y transporte del mismo.

El Constructor deberá considerar, en relación con los explosivos que requiera, todos los costos que implican su adquisición, incluidos los accesorios requeridos para su empleo, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control, hasta el sitio e instante de utilización. También, en todos los casos, el precio unitario incluirá el costo de la operación de voladura.

La preparación de la superficie existente se considera incluida en el ítem referente a la ejecución de la capa a la cual corresponde dicha superficie y, por lo tanto, no habrá lugar a pago separado por este concepto, salvo que dicho ítem no forme parte

del mismo contrato, caso en el cual el Constructor deberá considerar el costo de la preparación de la superficie existente dentro del ítem objeto del pago.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de la administración, los imprevistos y la utilidad del Constructor.

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE

ARTÍCULO 310 – 13

310.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la escarificación, la conformación, la renivelación y la compactación del afirmado existente, con o sin adición de material de afirmado o de sub-base granular; así como la conformación o reconstrucción de cunetas.

310.2 MATERIALES

Se aprovecharán los materiales del afirmado existente que cumplan con los requisitos de calidad estipulados en el Artículo 311 para afirmados y en el Artículo 320 para sub-bases granulares.

En el caso de que sea necesaria la adición de nuevo material, éste deberá cumplir con los requisitos de calidad señalados en el Artículo 311 para afirmados o en el Artículo 320 para sub-bases, según los alcances del proyecto.

310.3 EQUIPO

Rige lo indicado en el numeral 300.3 del Artículo 300, “Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases y bases granulares y estabilizadas”.

Normalmente, el equipo requerido para la conformación de la calzada incluye elementos para la explotación de materiales, eventualmente una planta de trituración, unidad clasificadora, equipos para mezclado, cargue, transporte, extensión, humedecimiento y compactación del material, así como herramientas menores.

310.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

310.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Se aplica lo indicado en el numeral 300.4.1 del Artículo 300.

310.4.2 Mejoramiento del afirmado

Los materiales existentes que no cumplan con los requisitos de calidad establecidos en los Artículos 311 o 320, según corresponda, se escarificarán en el espesor ordenado por el Interventor, se retirarán, transportarán, depositarán y conformarán en los sitios destinados para disposición de sobrantes o desechos de acuerdo con estas especificaciones o lo dispuesto por el Interventor.

Cuando el material del afirmado existente cumpla con los requisitos de calidad establecidos en los Artículos 311 o 320, según corresponda, se deberá escarificar, conformar, humedecer o secar y compactar de acuerdo con lo especificado en esos Artículos, ya sea con o sin adición de material. La escarificación del afirmado existente se realizará necesariamente cuando no se requiera adicionar material o cuando el espesor de la capa compacta de material por adicionar sea inferior a diez centímetros (10 cm).

Para el caso de capas adicionales con espesores compactados iguales o superiores a diez centímetros (10 cm), la escarificación sólo se realizará cuando haya necesidad de efectuar el reemplazo de material de afirmado existente que no cumpla con los requisitos de calidad establecidos en los Artículos 311 o 320, según corresponda salvo que, por circunstancias especiales, el Interventor determine lo contrario.

El material por utilizar en la adición o en el reemplazo de material inadecuado, deberá cumplir también lo especificado en los Artículos 311 o 320 para afirmados o sub-bases granulares, según lo indique el proyecto.

En el mejoramiento del afirmado no deberán aparecer depresiones ni angostamientos que afecten la superficie de rodadura contemplada en el alineamiento y en las secciones típicas del proyecto.

Una vez conformada la calzada existente, el Constructor deberá conservarla con la planicidad y el perfil correctos, hasta que proceda a la construcción de la capa superior. Cualquier deterioro que se produzca por causa diferente a fuerza mayor deberá ser corregido por el Constructor sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, a plena satisfacción del Interventor.

310.4.3 Cunetas y ensanches

La conformación o reconstrucción de cunetas, así como la construcción de ensanches menores, se harán de acuerdo con las secciones, pendientes transversales y cotas indicadas en los planos o determinadas por el Interventor y con lo especificado en los artículos correspondientes a excavaciones y terraplenes.

Los procedimientos requeridos para cumplir la presente especificación deberán incluir la excavación, el cargue, el transporte y la disposición de los materiales no utilizables y la conformación de los materiales que sean utilizables, para obtener la sección típica proyectada.

El mejoramiento de cunetas y los ensanches deberán avanzar coordinadamente con la construcción de las demás obras del proyecto.

310.4.4 Manejo ambiental

Rige lo indicado en el numeral 300.4.8 del Artículo 300.

310.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

310.5.1 Controles

Se aplica todo lo que resulte pertinente del numeral 300.5.1 del Artículo 300.

310.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Los trabajos de conformación de la calzada se deberán ajustar a los planos y secciones del proyecto y las instrucciones del Interventor. Su pendiente transversal deberá ser la especificada en el numeral 311.4.5 del Artículo 311, "Afirmado".

Las cunetas deberán quedar funcionando adecuadamente y libres de todo material de desecho.

En los casos en que se requiera adición de material, la verificación de su calidad se efectuará de acuerdo con lo establecido en el Artículo 311, "Afirmado", o en el Artículo 320, "Sub-base granular", según se haya incorporado material de afirmado o de sub-base granular, respectivamente.

El control de compactación se ajustará a lo establecido en el numeral 311.5.2.2.2 del Artículo 311, "Afirmado".

El trabajo se considerará terminado cuando el Interventor verifique y acepte que el Constructor se ha ceñido a lo establecido en los documentos y planos del proyecto y a lo ordenado por aquel.

310.6 MEDIDA

La unidad de medida para la conformación de la calzada, será el metro cuadrado (m^2), aproximado al entero, de trabajo realizado de acuerdo con esta especificación y a satisfacción del Interventor en el área definida por éste.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se medirá, para efectos de pago, ningún área por fuera de los límites indicados en los documentos del proyecto o autorizados por el Interventor.

310.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato por toda área de calzada conformada a plena satisfacción del Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de excavación de cunetas y ensanches menores en corte, hasta un máximo de cincuenta metros cúbicos ($50 m^3$) entre estaciones de cincuenta metros (50 m) del abscisado del proyecto, excavados a un solo lado de la vía; el cargue, el transporte de los materiales excavados hasta los sitios de utilización y desecho; la escarificación, el cargue, el transporte y el desecho en sitios aprobados de los materiales inadecuados de la calzada existente; la escarificación, la conformación, el humedecimiento o el secamiento y la compactación de los materiales apropiados de la calzada existente, de acuerdo con las secciones típicas del proyecto, con o sin adición de material.

El precio unitario deberá incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

Habrá pago por separado por excavaciones de volumen superior al señalado en el segundo párrafo de este numeral, los cuales se reconocerán de acuerdo con el Artículo 210, "Excavación de la explanación, canales y préstamos", así como por el

suministro, el transporte y la colocación de los materiales requeridos de afirmado y sub-base granular, los cuales se reconocerán de acuerdo con los Artículos 311, “Afirmado” y Artículo 320, “Sub-base granular”.

310.8 ÍTEM DE PAGO

310.1	Conformación de la calzada existente	Metro cuadrado (m ²)
-------	--------------------------------------	----------------------------------

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIALS

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

AFIRMADO

ARTÍCULO 311 – 13

311.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, colocación y compactación de los materiales de afirmado sobre la subrasante terminada, o sobre un afirmado existente, de acuerdo con la presente especificación, los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos del proyecto y las instrucciones del Interventor.

311.2 MATERIALES

Los agregados para la construcción del afirmado deberán satisfacer los requisitos de calidad indicados en la Tabla 311 - 1. Además, se deberán ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la Tabla 311 - 2 y deberán cumplir con las relaciones establecidas en la Tabla 311 - 3.

Tabla 311 - 1. Requisitos de los agregados para afirmados

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones	E-218	50
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18
Limpieza (F)		
Límite líquido, máximo (%)	E-125	40
Índice de plasticidad (%)	E-125 y E-126	4 - 9
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	2
Contracción lineal	E-127 o E-129	Tabla 311 - 3
Resistencia del material (F)		
CBR (%): porcentaje asociado al grado de compactación mínimo especificado (numeral 311.5.2.2.2); el CBR se medirá sobre muestras sometidas previamente a cuatro días de inmersión.	E-148	≥ 15

Tabla 311 - 2. Franjas granulométricas del material de afirmado

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	1 ½"	1"	¾"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
	% PASA							
A-38	100	-	80-100	60-85	40-65	30-50	13-30	9-18
A-25	-	100	90-100	65-90	45-70	35-55	15-35	10-20
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %			6 %			3 %

Tabla 311 - 3. Relaciones que debe cumplir el material de afirmado

RELACIÓN	REQUISITO
$\frac{\% \text{ pasa tamiz No. 200}}{\% \text{ pasa tamiz No. 10}}$	0.20 a 0.45
$\frac{\% \text{ pasa tamiz No. 200}}{\% \text{ pasa tamiz No. 40}}$	$\leq \frac{2}{3}$
$\{(\% \text{ pasa tamiz de 1"}) - (\% \text{ pasa tamiz No. 10})\} \times \{\% \text{ pasa tamiz No. 4}\}$	16 a 34
$(\% \text{ de contracción lineal}) \times (\% \text{ pasa tamiz No. 40})$	100 a 240

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el Constructor deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme y sensiblemente paralela a los límites de la franja, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de un tamiz adyacente y viceversa.

Dentro de la franja elegida, el Constructor propondrá al Interventor una "Fórmula de Trabajo" a la cual se deberá ajustar durante la construcción de la capa, con las tolerancias que se indican en la Tabla 311 - 2, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada o que se incumpla alguna de las relaciones establecidas en la Tabla 311 - 3.

El tamaño máximo nominal no deberá exceder de 1/3 del espesor de la capa compactada.

311.3 EQUIPO

Al respecto, rigen las condiciones generales que se indican en el numeral 300.3 del Artículo 300, “Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases y bases granulares y estabilizadas”. Para la construcción del afirmado se requieren equipos para la explotación de los materiales, eventualmente una planta de trituración, una unidad clasificadora y, de ser necesario, un equipo de lavado. Además, equipos para mezclado, cargue, transporte, extensión, humedecimiento y compactación del material, así como herramientas menores.

311.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

311.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo indicado en el numeral 300.4.1 del Artículo 300.

311.4.2 Preparación de la superficie existente

El material de afirmado no se descargará hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a apoyar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias admitidas en la especificación respectiva, deberán ser corregidas de acuerdo con lo establecido en ella.

311.4.3 Transporte y almacenamiento del material

El transporte y el almacenamiento de materiales para afirmado deberán cumplir lo establecido en los numerales 300.4.5 y 300.4.3 del Artículo 300.

311.4.4 Colocación del material

La colocación del material sobre la capa subyacente se hará en una longitud que no sobrepase mil quinientos metros (1500 m) de las operaciones de extensión, conformación y compactación del material.

311.4.5 Extensión, acondicionamiento y conformación del material

El material se dispondrá en un cordón de sección uniforme, donde será verificada su homogeneidad. En caso de que sea necesario humedecer o airear el material para lograr la humedad de compactación, el Constructor empleará el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje una humedad uniforme en el material. Éste, después de humedecido o aireado, se extenderá en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos.

A menos que en el proyecto figure algo diferente o que el Interventor lo ordene, el material de afirmado deberá ser distribuido en una sola capa y en todo el ancho de la corona, calzada más bermas, de tal manera que al extenderse, la capa resulte de espesor uniforme, con una pendiente transversal entre tres por ciento (3 %) y cuatro por ciento (4 %), para facilitar el escurrimiento de las aguas superficiales.

311.4.6 Compactación

Una vez que el material tenga la humedad apropiada y esté conformado debidamente, se compactará con el equipo aprobado hasta lograr la densidad seca especificada. Aquellas zonas que por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan la utilización del equipo que normalmente se utiliza, se compactarán con los medios adecuados para el caso, en forma tal que las densidades secas que se alcancen no sean inferiores a las obtenidas en el resto de la capa.

La compactación se efectuará longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se hará del borde inferior al superior.

311.4.7 Apertura al tránsito

Sobre las capas en ejecución se prohibirá la acción de todo tipo de tránsito mientras no se haya completado la compactación. Si ello no fuere posible, el tránsito que necesariamente tenga que pasar sobre ellas se distribuirá en forma tal que no se concentren ahuellamientos en la superficie. El Constructor deberá responder por los daños originados por esa causa y deberá proceder a repararlos, sin costo adicional para el

Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor.

311.4.8 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la extensión de una capa de material de afirmado en momentos en que haya lluvia o fundado temor que ella ocurra, ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a dos grados Celsius (2° C).

Los trabajos de construcción de afirmado se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

311.4.9 Manejo ambiental

Rige lo indicado en el numeral 300.4.8 del Artículo 300.

311.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

311.5.1 Controles

Rige lo indicado en el numeral 300.5.1 del Artículo 300.

311.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

311.5.2.1 Calidad de los agregados

311.5.2.1.1 Control de procedencia

De cada fuente de agregados pétreos y para cualquier volumen previsto se tomarán cuatro (4) muestras representativas para realizar los ensayos especificados en la Tabla 311 - 1. Los resultados de ellos deberán satisfacer las exigencias indicadas en dicha tabla, so pena del rechazo de los materiales deficientes.

311.5.2.1.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado.

Al material ya colocado en la vía se le realizarán controles con la frecuencia que se indica en la Tabla 311 - 4.

Tabla 311 - 4. Verificaciones periódicas de la calidad del material de afirmado

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Granulometría	E-123	Una (1) vez por jornada
Límite líquido	E-125	Una (1) vez por jornada
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	Una (1) vez por jornada
Contracción lineal	E-127	Una (1) vez por semana
Ensayo modificado de compactación	E-142	Una (1) vez por semana

Cuando el Interventor considere que las características del material que está siendo explotado en una fuente han cambiado, se deberán repetir todos los ensayos especificados en la Tabla 311 - 1 y adoptar los correctivos que sean necesarios.

En ningún caso se permitirá el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos establecidos en el numeral 311.2. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado insatisfactorio, se tomarán dos muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representan dichos ensayos.

311.5.2.2 Calidad del producto terminado**311.5.2.2.1 Terminado**

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas en los documentos del proyecto. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la berma no será inferior a la señalada en los planos o la definida por el Interventor. No se tolerará en las obras concluidas, ninguna irregularidad que impida el normal escurrimiento de las aguas.

Se deberán efectuar, además, las siguientes comprobaciones:

311.5.2.2.2 Compactación

Para efectos de la verificación de la compactación de la capa de afirmado, se define como “lote”, que se aceptará o rechazará en conjunto, el menor volumen que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500 m) de capa compactada en el ancho total del afirmado.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de afirmado compactado.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

Los sitios para la determinación de la densidad de la capa se elegirán al azar, según la norma de ensayo INV E-730 “Selección al azar de sitios para la toma de muestras”, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro. Se deberán efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de una capa de afirmado, se deberá calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los

ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones humedad-peso unitario (ensayo modificado de compactación), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobretamaños:

$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,m\acute{a}x}} \times 100$	[311.1]
---	---------

- Material con sobretamaños:

$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,m\acute{a}x}} \times 100$	[311.2]
--	---------

Siendo:

GC_i: Valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

γ_{d,i}: Valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164, sin efectuar corrección de ella por presencia de sobretamaños de manera que corresponda a la muestra total.

γ_{d,máx}: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 (ensayo modificado de compactación) sobre una muestra representativa del mismo.

Cγ_{d,máx}: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 sobre una muestra representativa del mismo, y corregido por sobretamaños según la norma de ensayo

INV E-143, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total.

Sobretamaños (fracción gruesa) (P_{FG}) – Porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (norma INV E-142).

El peso unitario seco máximo corregido del material ($C_{y_{d,máx}}$) que se use para calcular el grado de compactación individual GC_i se obtendrá, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños, P_{FG} , presente en ese sitio.

Para la aceptación del lote se aplicarán los siguientes criterios:

$GC_i(90) \geq 95.0 \%$	se acepta el lote	[311.3]
$GC_i(90) < 95.0 \%$	se rechaza el lote	[311.4]

Siendo:

$GC_i(90)$: Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90%, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del Artículo 107, “Control y aceptación de los trabajos”, a partir de los valores individuales del grado de compactación GC_i .

Las verificaciones de compactación se deberán efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Los lotes que no alcancen las condiciones mínimas de compactación deberán ser escarificados,

homogenizados, llevados a la humedad adecuada y compactados nuevamente hasta obtener el valor de densidad seca especificado.

311.5.2.2.3 Espesor

Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, el Interventor determinará el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no podrá ser inferior al de diseño (e_d).

$e_m \geq e_d$	[311.5]
----------------	---------

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, cuando menos, igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d), admitiéndose sólo un (1) valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando este valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$e_i \geq 0.90 e_d$	[311.6]
---------------------	---------

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, el Constructor deberá escarificar la capa en un espesor mínimo de cien milímetros (100 mm), añadir el material necesario de las mismas características y recompactar y terminar la capa conforme lo exige el presente Artículo.

311.6 MEDIDA

El afirmado se medirá según lo descrito en el numeral 300.6.1 del Artículo 300.

311.7 FORMA DE PAGO

El afirmado se pagará según lo que sea aplicable del numeral 300.7 del Artículo 300.

311.8 ÍTEM DE PAGO

311.1 Afirmado

Metro cúbico (m³)

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

TRATAMIENTO PALIATIVO DEL POLVO EN AFIRMADOS

ARTÍCULO 312 – 13

312.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la preparación de una superficie granular de rodadura, la eventual adición y mezcla de nuevos materiales granulares, el suministro en el lugar y la aplicación de un producto apropiado para aliviar las molestias causadas por el tránsito automotor y la posterior compactación de la capa tratada, de conformidad con lo establecido en esta especificación y las indicaciones del Interventor.

312.2 MATERIALES

312.2.1 Cloruro de calcio

El producto por utilizar para el tratamiento paliativo de polvo será cloruro de calcio en forma sólida o líquida, que cumpla los requisitos establecidos en la norma ASTM D 98. Los documentos del proyecto precisarán el tipo de cloruro por utilizar.

312.2.1.1 Forma sólida

En su forma sólida, el cloruro se podrá emplear en forma de hojuelas (flakes), con una concentración no menor de 77 % de cloruro de calcio puro, o en forma de esferas (pellets), con una concentración no menor de 94 % de cloruro de calcio puro. En el primer caso, el producto se deberá ajustar al Grado 1 – Clase A de la especificación ASTM D 98 y en el segundo, al Grado 3 – Clase B de la misma especificación.

312.2.1.2 Forma líquida

Consiste en una solución acuosa del cloruro, con una concentración de cuando menos 32 % y gravedad específica no menor de 1.30, medida esta última de acuerdo con la norma ASTM D 1475.

312.2.2 Agua

El agua para el humedecimiento previo de la superficie por tratar deberá estar libre de cualquier contaminante que afecte el comportamiento del

material en servicio o el medio ambiente. Puede ser agua potable; si no lo es, deberá cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 312 - 1.

Tabla 312 - 1. Requisitos del agua no potable para tratamiento paliativo de polvo en afirmados

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO ASTM	REQUISITO
pH	D 1293	5.5 - 8.0
Contenido de sulfatos, expresado como $\text{SO}_4^{=}$, g/l máximo	D 516	1.0

312.2.3 Otros paliativos de polvo

El empleo de otro producto para el control del polvo en afirmados, diferente del cloruro de calcio, requiere la elaboración de una especificación particular.

312.3 EQUIPO

El Constructor deberá proponer, para consideración del Interventor, los equipos más apropiados para las operaciones por realizar, los cuales no deberán producir daños o menoscabos innecesarios en vecindades o en la zona de los trabajos y deberán garantizar el avance físico según el programa de trabajo y el cumplimiento de las exigencias de este Artículo.

Para la ejecución de los trabajos especificados se requiere un equipo para la aplicación del producto sobre la superficie, el cual consistirá en un carrotanque con dispositivos de aplicación a presión si el cloruro se va a aplicar en forma líquida o en un esparcidor de gravilla o agrícola para aplicaciones en forma sólida. Dicho equipo se deberá encontrar en óptimas condiciones de funcionamiento y debidamente calibrado, de manera que aplique el producto en forma uniforme a lo largo y ancho de la superficie por tratar.

Se requieren, además, una motoniveladora con escarificador, un carrotanque irrigador de agua, compactador neumático y herramientas menores.

Los recipientes para el transporte del cloruro en forma sólida deberán ser herméticos y cuando se transporte en forma líquida se emplearán carrotanques calibrados. En todos los casos, los vehículos de transporte deberán cumplir las reglamentaciones vigentes sobre tránsito y medio ambiente expedidas por las autoridades competentes.

El cloruro de calcio en forma sólida se podrá almacenar en bodegas, tolvas, silos o apilado. El tipo de almacenamiento dependerá de la cantidad de producto por almacenar y de la duración del almacenamiento. Para que éste sea seguro, se deberán cumplir tres (3) requisitos:

- Que el material se mantenga seco, en un ambiente protegido de la humedad.
- Que el sistema de drenaje se encuentre suficientemente alejado del área de almacenamiento, para prevenir cualquier contaminación de láminas y cursos de agua por arrastre de partículas.
- Que la superficie de la zona de almacenamiento sea pavimentada.

Cuando el cloruro se almacene en bodegas, sus pisos, paredes y techos deberán ser tan herméticos como resulte posible, para prevenir el acceso de humedad al producto. Si se emplean tolvas y silos, ellos podrán ser de acero al carbono, siendo de máxima importancia la exclusión de la humedad para prevenir la corrosión. Si el producto se almacena en pilas, éstas se deberán cubrir de manera permanente con láminas de polietileno aseguradas de manera firme, para evitar que sean levantadas por el viento. Siempre que se emplee un almacenamiento elevado para descarga del producto por gravedad, ésta se deberá realizar en un ángulo de 45º con la horizontal cuando se trate de hojuelas y de 35º cuando se trate de esferas.

312.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

312.4.1 Fase de experimentación

Antes de iniciar los trabajos a escala industrial, el Constructor emprenderá una fase de experimentación para verificar el estado y rendimiento de los equipos y determinar, en secciones de ensayo, la dosificación del producto y los métodos definitivos de trabajo, de manera de cumplir los requisitos del presente Artículo.

Al efecto, el Constructor tomará una sección de unos cien metros (100 m) de longitud, cuya superficie se preparará como se indica en el numeral 312.4.2, y sobre ella se aplicará el producto con una dosificación preliminar establecida en acuerdo con el Interventor, dependiendo de la granulometría y la plasticidad del afirmado por proteger y de la duración prevista para el tratamiento. Su compactación se realizará como se indica en el numeral 312.4.4.

Si el resultado de esta primera sección de ensayo no es satisfactorio, se prepararán otra u otras, realizando las modificaciones pertinentes, según las causas que se establezcan como determinantes de la falla de la primera sección y las subsiguientes, hasta encontrar unas condiciones de trabajo satisfactorias para el Interventor.

Siempre que una sección de prueba resulte inadecuada, el material se deberá escarificar, remover, transportar y verter en un depósito aprobado, sin que ello general ningún costo para el Instituto Nacional de Vías.

La cantidad de cloruro por aplicar deberá ser la mínima necesaria para obtener el éxito en el tratamiento, pero nunca podrá exceder de 0.8 kg/m² de cloruro puro. Si las pruebas determinan la necesidad de utilizar una cantidad mayor, no se permitirá la ejecución del tratamiento con este producto.

312.4.2 Preparación de la superficie existente

Para que el tratamiento sea eficiente, el material por tratar deberá satisfacer los requisitos de calidad y granulometría establecidos en el Artículo 311 para Afirmados. Si se presentan deficiencias en este aspecto, se deberá adicionar y mezclar un material granular que las corrija, compactando a continuación dicha mezcla a los niveles exigidos en el Artículo 311.

El afirmado existente, corregido si ha sido necesario según se describe en el párrafo anterior, se deberá perfilar en todo el ancho de la corona de la vía, de manera que la superficie presente un bombeo constante, preferiblemente de cuatro por ciento (4 %).

A continuación, se deberá escarificar en un espesor comprendido entre veinticinco y cincuenta milímetros (25 mm a 50 mm), el cual deberá permanecer suelto durante el tratamiento, con el fin de que el cloruro penetre rápida y uniformemente dentro del material granular. Por ningún motivo se compactará el afirmado antes de aplicar el producto.

La superficie por tratar no se podrá encontrar seca antes de la aplicación del cloruro. Por lo tanto, se deberá incorporar una cantidad de agua que sea suficiente para facilitar la penetración del cloruro en el afirmado, pero no excesiva al punto de que pueda causar escurrimientos sobre la superficie de la vía.

312.4.3 Aplicación del producto

El producto se podrá aplicar en forma líquida y a presión por medio de un carrotanque o en forma de hojuelas o esferas con el apoyo de un esparcidor. La velocidad de operación del equipo deberá ser tal, que se aplique la cantidad de cloruro establecida como adecuada durante la fase de experimentación.

Al término de la aplicación, el equipo utilizado deberá ser sometido a una limpieza rigurosa, debido al carácter corrosivo del cloruro.

312.4.4 Compactación

Después de aplicado el producto se procederá a la compactación de la superficie tratada, empleando para ello un equipo de llantas neumáticas. El número de pasadas será el definido en la fase de experimentación, ajustado cuando las circunstancias de la obra lo hagan necesario.

Si durante el proceso de compactación se advierte que el material tiende a ser desplazado al frente del compactador, se deberá esperar que cure un poco antes de terminar la compactación.

312.4.5 Control del tránsito

No se permitirá la circulación de ningún tipo de tránsito durante las dos (2) horas siguientes a la terminación de la compactación. Si la suspensión del tránsito no resulta posible, la vía deberá ser tratada por mitades.

312.4.6 Limitaciones en la ejecución

El tratamiento para el control del polvo en afirmados no se podrá realizar en instantes de lluvia, ni cuando los pronósticos meteorológicos señalen una posibilidad mayor de 20 % de ocurrencia de lluvias durante las treinta y seis (36) horas siguientes al instante previsto para la aplicación del producto. El agua lluvia lava y diluye el cloruro estropeando el tratamiento y causando problemas ambientales en los cursos y láminas de agua y en la vegetación adyacente a la vía.

Los trabajos se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el

Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

312.4.7 Manejo ambiental

Rige lo indicado en el numeral 300.4.8 del Artículo 300, "Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases y bases granulares y estabilizadas".

Todas las estructuras de drenaje superficial aledañas a la zona de los trabajos se deberán mantener limpias para garantizar el adecuado escurrimiento de las aguas, limitando la cantidad de agua que se pueda infiltrar al afirmado, lavando el cloruro y deteriorando el tratamiento.

El cloruro de calcio y sus soluciones presentan los mismos problemas de manejo de otras sales similares y, por lo tanto, requieren un manejo cuidadoso y el uso de gafas para prevenir lesiones.

No se permitirá la dilución del cloruro en agua dentro de la zona de las obras, debido al carácter exotérmico de este proceso.

Al aplicar el cloruro o su solución se deberá evitar, por todos los medios, que el producto tenga acceso a fuentes de agua potable o sea esparcido sobre la vegetación. Al limpiar los equipos luego de la aplicación del producto, se deberá tener en cuenta la misma precaución.

312.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

312.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos de tratamiento paliativo del polvo, se adelantarán los siguientes controles generales:

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Comprobar, siempre que se considere necesario, que el producto empleado en el tratamiento y el agua cumplan todos los requisitos de calidad mencionados en este Artículo.

- Verificar la calidad de la mezcla entre el material del afirmado existente y el granular de aporte, cuando éste último se requiera.
- Efectuar pruebas de campo para verificar las dosificaciones del tratamiento paliativo de polvo.

312.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

312.5.2.1 Calidad del producto

Por cada despacho del producto empleado para el tratamiento, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante, donde consten las fechas de elaboración y vencimiento, así como los resultados de los ensayos de calidad indicados en las normas ASTM D 345 y ASTM E 449, los cuales deberán cumplir con las exigencias de la norma ASTM D 98.

Independientemente de la entrega de esta información, el Interventor podrá requerir al Constructor para que, a costa de éste, se realicen los ensayos de comprobación correspondientes en un laboratorio nacional idóneo.

El producto será rechazado por el Interventor y, en consecuencia, no podrá ser empleado en los trabajos, en las siguientes circunstancias:

- Si se va a aplicar con posterioridad a su fecha de vencimiento.
- Si no resulta conforme con al menos una de las exigencias de este Artículo y de las normas ASTM a las cuales hace referencia.
- Si al encontrarse en forma líquida no constituye una solución homogénea.
- Si algún despacho en forma sólida se presenta pegajoso o empastelado.

Cuando se produzca rechazo, el producto deberá ser devuelto al proveedor para que disponga de él en forma apropiada.

312.5.2.2 Calidad del agua

Si se emplea agua que no sea potable y el Interventor tiene incertidumbres sobre su calidad, solicitará al Constructor que, a su costa, ordene la determinación del pH y el contenido de sulfatos en un laboratorio de reconocida idoneidad. Si los resultados obtenidos no cumplen los valores indicados en el numeral 312.2.22, no se permitirá el empleo de esa agua y se rechazará cualquier tratamiento que se haya realizado con ella. En tal caso, el Constructor deberá escarificar, remover, transportar y verter en un depósito aprobado el material y reponer los agregados y reconstruir el tratamiento, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

312.5.2.3 Calidad del afirmado

Cuando previamente al tratamiento se deba incorporar un material granular de aporte por el motivo indicado en el numeral 312.4.2, la calidad de éste deberá ser tal que, al mezclarlo con el afirmado existente, la mezcla satisfaga los requisitos establecidos para los afirmados en el Artículo 311, numeral 311.2.

Al efecto, se tomarán muestras representativas del material mezclado por el Constructor y el Interventor lo aceptará solamente si satisface todos los requisitos sobre desgaste, solidez, plasticidad y granulometría establecidos en el numeral citado en el párrafo anterior.

312.5.2.4 Calidad del producto terminado

Se considerará como “lote”, que será aceptado o rechazado en su integridad, la menor área que resulte de aplicar los tres (3) siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500 m) de calzada tratada.

- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de calzada tratada.
- La superficie tratada en un día de trabajo.

La dosificación del producto se comprobará mediante el pesaje de bandejas metálicas u hojas de papel resistente, colocadas durante la aplicación del cloruro en no menos de tres (3) puntos del área considerada como lote.

El Interventor se abstendrá de aceptar áreas tratadas donde la dosificación media del producto difiera en más de quince por ciento (15 %) de la aprobada previamente como resultado de la fase de experimentación. Tampoco se aceptará un lote donde más de un punto de ensayo presente un resultado por fuera del límite citado, ni donde la dosificación del cloruro puro resulte en exceso de 0.8 kg/cm². El Interventor determinará las medidas por adoptar cuando se presenten estos incumplimientos.

Los costos de todos los materiales, equipos y operaciones requeridos para la corrección de defectos o excesos en el tratamiento, deberán ser asumidos por el Constructor.

312.6 MEDIDA

Para los efectos del presente Artículo, se aplicarán los siguientes criterios de medida:

- Si el producto para el tratamiento paliativo del polvo ha sido aplicado en forma sólida, la unidad de medida será el kilogramo (kg), aproximado al entero, de cloruro de calcio suministrado y colocado a satisfacción del Interventor.
- Si el producto para el tratamiento paliativo del polvo ha sido aplicado en forma líquida, la unidad de medida será el litro (l), aproximado al entero, de solución de cloruro de calcio suministrada y colocada a satisfacción del Interventor.

En los dos casos, la cantidad aplicada se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje del trabajo, por el ancho autorizado por el Interventor y por la dosificación media autorizada por el Interventor. No se medirá ni pagará ninguna cantidad por fuera de tales límites.

Cuando se haya incorporado agregado pétreo de adición para corregir el afirmado, la unidad de medida de éste será el metro cúbico (m³), aproximado al entero, de material granular suministrado en estado suelto. Su volumen será determinado por el Interventor con base en el número de viajes de material granular transportado suelto y la capacidad de cada volqueta utilizada.

312.7 FORMA DE PAGO

El pago del tratamiento paliativo del polvo se hará por kilogramo o litro, según si el producto se aplicó en forma sólida o líquida, al respectivo precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado de acuerdo con este Artículo y aceptado a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir la compensación total por el suministro en el lugar de la obra del producto para el tratamiento y su aplicación, las herramientas y equipos necesarios y la correcta ejecución del trabajo contratado.

El precio unitario del tratamiento paliativo del polvo deberá cubrir, además, los costos de todos los permisos y licencias de toda índole que se requieran para la adquisición del producto, su transporte, almacenamiento y uso, así como los costos de la ejecución de la fase de experimentación, los costos de todos los muestreos y ensayos a cargo del Constructor; los costos de la preparación de la superficie existente, incluyendo los que implique la adquisición, extracción, bombeo, transporte, suministro y aplicación del agua requerida.; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos y el período adicional que indica este Artículo o fije el Interventor y, en general, todo costo adicional en el cual se incurra para la realización completa y a satisfacción de los trabajos descritos en el presente Artículo. Solamente se exceptúa el suministro, mezcla y compactación del agregado pétreo de adición, cuando éste se requiera.

El pago del agregado pétreo de adición se hará por metro cúbico al respectivo precio unitario del contrato, por todo agregado suministrado y aceptado a satisfacción por el Interventor. El precio unitario deberá incluir la compensación total por el suministro del agregado pétreo de adición en el lugar de la obra, los equipos necesarios, la mezcla del agregado con el afirmado existente y la compactación de dicha mezcla. También, incluye los costos de todos los permisos y licencias de toda índole que se requieran para la obtención de los materiales; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la colocación del material sobre la vía y su mezcla y compactación con el afirmado existente y, en

general, todo costo adicional en el cual se incurra para la realización completa y a satisfacción de este trabajo.

Cada precio unitario deberá incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

312.8 ÍTEMS DE PAGO

312.1	Tratamiento paliativo de polvo aplicado en forma sólida en hojuelas	Kilogramo (kg)
312.2	Tratamiento paliativo de polvo aplicado en forma sólida en esferas	Kilogramo (kg)
312.3	Tratamiento paliativo de polvo aplicado en forma líquida	Litro (l)
312.4	Material granular de adición	Metro cúbico (m ³)

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

SUB-BASE GRANULAR

ARTÍCULO 320 – 13

320.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, colocación, humedecimiento o aireación, extensión y conformación, compactación y terminado de material de sub-base granular aprobado sobre una superficie preparada, en una o varias capas, de conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos y demás documentos del proyecto o establecidos por el Interventor.

Para los efectos de estas especificaciones, se denomina sub-base granular a la capa o capas granulares localizadas entre la subrasante y la base granular o estabilizada, en todo tipo de pavimento, sin perjuicio de que los documentos del proyecto le señalen otra utilización.

320.2 MATERIALES

320.2.1 Clases de sub-base granular

Se definen tres clases de sub-base granular en función de la calidad de los agregados (clases A, B y C), como se indica en el numeral 320.2.2. Los documentos del proyecto definirán la clase de sub-base granular por utilizar en el proyecto; así mismo, definirán el tipo de granulometría por emplear.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, las clases de sub-base granular se usarán como se indica en la Tabla 320 - 1, en función del nivel de tránsito del proyecto.

Tabla 320 - 1. Uso típico de las diferentes clases de sub-base granular

CLASE DE SUB-BASE GRANULAR	NIVEL DE TRÁNSITO
Clase C	NT1
Clase B	NT2
Clase A	NT3

320.2.2 Requisitos de calidad para los agregados

Los agregados para la construcción de la sub-base granular deberán satisfacer los requisitos de calidad indicados en la Tabla 320 - 2. Además, se deberán ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la Tabla 320 - 3.

Tabla 320 - 2. Requisitos de los agregados para sub-bases granulares

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	SUB-BASE GRANULAR		
		CLASE C	CLASE B	CLASE A
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%)	E-218	50	50	50
- 500 revoluciones (%)				
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	35	30
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%)	E-220	12	12	12
- Sulfato de sodio		18	18	18
- Sulfato de magnesio				
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%)	E-125	25	25	25
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	6	6	6
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	25	25	25
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	2	2	2
Resistencia del material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días de inmersión, mínimo.	E-148	30	30	40

Tabla 320 - 3. Franjas granulométricas del material de sub-base granular

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
	50.0	37.5	25.0	12.5	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	2"	1 1/2"	1"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
	% PASA								
SBG-50	100	70-95	60-90	45-75	40-70	25-55	15-40	6-25	2-15
SBG-38	-	100	75-95	55-85	45-75	30-60	20-45	8-30	2-15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %				6 %			3 %

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el Constructor deberá dar lugar a una curva granulométrica

uniforme y sensiblemente paralela a los límites de la franja, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de un tamiz adyacente y viceversa.

Dentro de la franja elegida, el Constructor propondrá al Interventor una “Fórmula de Trabajo” a la cual se deberá ajustar durante la construcción de la capa, con las tolerancias que se indican en la Tabla 320 - 3, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada.

Además, la relación entre el porcentaje que pasa el tamiz de 75 μm (No. 200) y el porcentaje que pasa el tamiz de 425 μm (No. 40), no deberá exceder de 2/3 y el tamaño máximo nominal no deberá exceder de 1/3 del espesor de la capa compactada.

320.3 EQUIPO

Al respecto, rigen las condiciones generales que se indican en el numeral 300.3 del Artículo 300, “Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases y bases granulares y estabilizadas”. Para la construcción de la sub-base granular se requieren equipos para la explotación de los materiales, eventualmente una planta de trituración, una unidad clasificadora y, de ser necesario, un equipo de lavado. Además, equipos para mezclado, cargue, transporte, extensión, humedecimiento y compactación del material, así como herramientas menores.

320.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

320.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo indicado en el numeral 300.4.1 del Artículo 300.

320.4.2 Preparación de la superficie existente

El Interventor sólo autorizará la colocación de material de sub-base granular cuando la superficie sobre la cual se debe asentar tenga la compactación apropiada y las cotas y secciones indicadas en los planos o definidas por él, con las tolerancias establecidas. Además, deberá estar concluida la construcción de las cunetas, desagües y filtros necesarios para el drenaje de la calzada.

Si en la superficie de apoyo existen irregularidades que excedan las tolerancias determinadas en la especificación de la capa de la cual forma

parte, de acuerdo con lo que se prescribe en la unidad de obra correspondiente, el Constructor hará las correcciones necesarias, a satisfacción del Interventor.

320.4.3 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 300.4.2 del Artículo 300.

320.4.4 Transporte y almacenamiento del material

El transporte y el almacenamiento de materiales deberán cumplir lo establecido en los numerales 300.4.5 y 300.4.3 de Artículo 300.

320.4.5 Extensión y conformación del material

El material se deberá disponer en un cordón de sección uniforme donde el Interventor verificará su homogeneidad. Si la capa de sub-base granular se va a construir mediante la combinación de dos (2) o más materiales, éstos se deberán mezclar en un patio fuera de la vía, por cuanto su mezcla dentro del área del proyecto no está permitida. En caso de que sea necesario humedecer o airear el material para lograr la humedad óptima de compactación, el Constructor empleará el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje el material con una humedad uniforme. Éste, después de humedecido o aireado, se extenderá en todo el ancho previsto en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y el grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de experimentación.

En todo caso, la cantidad de material extendido deberá ser tal, que el espesor de la capa compactada no resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor de sub-base compactada por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se deberá colocar en dos o más capas, procurándose que el espesor de ellas sea sensiblemente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm). El material extendido deberá mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes. El Interventor no permitirá la colocación de la capa siguiente, antes de verificar y aprobar la compactación de la precedente.

En operaciones de bacheo o en aplicaciones en áreas reducidas, el Constructor propondrá al Interventor los métodos de extensión que garanticen la uniformidad y la calidad de la capa.

320.4.6 Compactación

Una vez que el material extendido de la sub-base granular tenga la humedad apropiada, se conformará ajustándose razonablemente a los alineamientos y secciones típicas del proyecto y se compactará con el equipo aprobado por el Interventor, hasta alcanzar la densidad seca especificada.

Aquellas zonas que por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan la utilización del equipo que normalmente se utiliza, se compactarán por los medios adecuados para el caso, en tal forma que la densidad seca que se alcance no sea inferior a la obtenida en el resto de la capa.

La compactación se efectuará longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se hará del borde inferior al superior.

320.4.7 Construcción de la sub-base granular sobre un afirmado existente

Si el proyecto contempla que el afirmado existente forme parte de la capa de sub-base granular, aquel se deberá escarificar en una profundidad de cien milímetros (100 mm) o la que especifiquen los documentos del proyecto o indique el Interventor, y se conformará y compactará de manera de obtener el mismo nivel de compactación exigido a la sub-base granular, en un espesor de ciento cincuenta milímetros (150 mm).

Si el espesor del afirmado es menor de cien milímetros (100 mm), el Interventor podrá autorizar que el material de sub-base granular se mezcle con el del afirmado, previa la escarificación de éste. En todo caso, se deberán respetar los espesores de capa mencionados en el numeral 320.4.5.

320.4.8 Apertura al tránsito

Sobre las capas en ejecución se prohibirá la acción de todo tipo de tránsito mientras no se haya completado la compactación. Si ello no es factible, el tránsito que necesariamente deba pasar sobre ellas, se distribuirá de forma que no se concentren ahuellamientos sobre la superficie. El Constructor deberá responder por los daños producidos por

esta causa, debiendo proceder a la reparación de los mismos con arreglo a las indicaciones del Interventor.

320.4.9 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la extensión de ninguna capa de material de sub-base granular mientras no haya sido realizada la nivelación y comprobación del grado de compactación de la capa precedente. Tampoco se podrá ejecutar la sub-base granular en momentos en que haya lluvia o fundado temor que ella ocurra, ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a dos grados Celsius (2° C).

Los trabajos de construcción de la sub-base granular se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

320.4.10 Bacheos

Las excavaciones para la reparación de un pavimento asfáltico existente de estructura convencional (capas asfálticas densas, base granular y sub-base granular), cuya profundidad sea superior a trescientos milímetros (300 mm) se deberán rellenar con material de sub-base granular desde el fondo de la excavación hasta una profundidad de doscientos cincuenta milímetros (250 mm) por debajo de la rasante existente, material que deberá ser compactado con el equipo adecuado hasta alcanzar la densidad seca especificada.

Teniendo en cuenta que algunos pavimentos asfálticos de la red vial nacional tienen estructuras muy gruesas y complejas, debido a que han sido sometidos a varias intervenciones de rehabilitación, el eventual uso de materiales de sub-base granular en las operaciones de bacheo en ellos se deberá definir en los documentos del respectivo proyecto, o, en su defecto, será establecido por el Interventor.

320.4.11 Conservación

El Constructor deberá conservar la capa de sub-base granular en las condiciones en las cuales le fue aceptada por el Interventor hasta el

momento de ser recubierta por la capa inmediatamente superior, aun cuando aquella sea librada parcial o totalmente al tránsito público. Durante dicho lapso, el Constructor deberá reparar, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, todos los daños que se produzcan en la sub-base granular y restablecer el mismo estado en el cual ella se aceptó.

320.4.12 Manejo ambiental

Rige lo indicado en el numeral 300.4.8 del Artículo 300.

320.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

320.5.1 Controles

Rige lo indicado en el numeral 300.5.1 del Artículo 300.

320.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

320.5.2.1 Calidad de los agregados

320.5.2.1.1 Control de procedencia

De cada fuente de agregados pétreos y para cualquier volumen previsto se tomarán cuatro (4) muestras representativas para realizar los ensayos especificados en la Tabla 320 - 2. Los resultados de ellos deberán satisfacer las exigencias indicadas en dicha tabla, so pena del rechazo de los materiales deficientes.

Durante esta etapa, el Interventor deberá comprobar, además, que el material del descapote de la fuente sea retirado correctamente y que todas las vetas de material granular inadecuado sean descartadas.

320.5.2.1.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. Así mismo, se

ordenará que se acopien por aparte aquellos que presenten una anomalía evidente de aspecto, como distinta coloración, plasticidad o segregación.

Al material ya colocado en la vía se le realizarán controles con la frecuencia que se indica en la Tabla 320 - 4.

Tabla 320 - 4. Verificaciones periódicas de la calidad del material de sub-base granular

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Granulometría	E-123	Una(1) vez por jornada
Límite líquido	E-125	Una(1) vez por jornada
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	Una(1) vez por jornada
Equivalente de arena	E-133	Una(1) vez por semana
Ensayo modificado de compactación	E-142	Una(1) vez por semana

El Interventor podrá reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 320 - 4, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En el caso de mezcla de dos (2) o más materiales, los controles se realizarán sobre el material mezclado y con la fórmula de trabajo aprobada para el proyecto.

Cuando el Interventor considere que las características del material que está siendo explotado en una fuente han cambiado, se deberán repetir todos los ensayos especificados en la Tabla 320 - 2 y adoptar los correctivos que sean necesarios.

No se permitirá el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos de calidad indicados en el numeral 320.2.2.

En la eventualidad de que el resultado de alguna prueba sea insatisfactorio, se tomarán dos (2) muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

320.5.2.1.3 Conservación de las propiedades de los agregados

Los agregados no deberán sufrir una degradación excesiva con motivo de su manejo y compactación en obra. Para verificarlo, cada semana se tomarán muestras representativas del material colocado y compactado durante la semana previa, las cuales se someterán a los ensayos que se indican en la Tabla 320 - 5. Los resultados de estos ensayos deberán satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 320.2.2. Si no las cumplen, se suspenderá inmediatamente el empleo del material y se delimitará el área donde se haya utilizado, la cual deberá ser demolida y reconstruida por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, empleando un material de sub-base granular apropiado y que conserve sus propiedades según se especifica en este numeral.

Tabla 320 - 5. Ensayos para verificar la conservación de las propiedades de los agregados

CARACTERÍSTICA	Norma de ensayo INV
Granulometría	E-123
Límite líquido	E-125
Índice de plasticidad	E-125 y E-126
Equivalente de arena	E-133

320.5.2.2 Calidad del producto terminado

320.5.2.2.1 Terminado

La capa de sub-base granular terminada deberá presentar una superficie uniforme, sin agrietamientos, baches, laminaciones ni segregaciones. Si el Interventor considera que es

necesario realizar correcciones por este concepto, delimitará el área afectada y el Constructor deberá escarificarla en un espesor de cien milímetros (100 mm) y, después de efectuar las correcciones necesarias, mezclará y compactará de nuevo hasta que tanto el área delimitada como las adyacentes cumplan todos los requisitos exigidos en el presente Artículo.

La capa de sub-base granular terminada se deberá ajustar a las rasantes y a las pendientes establecidas en los documentos del proyecto, sin que existan zonas donde se retenga el agua superficial. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la berma no será inferior a la señalada en los planos o la definida por el Interventor. Las variaciones de las cotas, respecto de las establecidas en el proyecto, no podrán exceder de +0.0 mm y - 20.0 mm.

Si se detectan zonas con un nivel inferior a la tolerancia indicada, ellas se deberán escarificar en un espesor mínimo de cien milímetros (100 mm), para enseguida agregar material de sub-base, humedecer, mezclar, recompartar y terminar la superficie hasta lograr la densidad seca y las cotas exigidas por la presente especificación. Alternativamente, el Interventor las podrá aceptar, siempre que el Constructor se comprometa, por escrito, a compensar la merma con el espesor adicional necesario de la capa superior, sin que ello implique ningún incremento en los costos para el Instituto Nacional de Vías.

Las áreas que presenten un nivel superior a la tolerancia especificada deberán ser rebajadas, humedecidas, compactadas y terminadas nuevamente, hasta cumplir con las cotas y el espesor establecido en los documentos del proyecto y con las exigencias de la presente especificación.

320.5.2.2.2 Compactación

Para efectos del control, se considerará como "lote" que se aceptará o rechazará en bloque, la menor

área construida que resulte de los siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500 m) de capa compactada en el ancho total de la sub-base granular.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de sub-base granular compactada.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

Los sitios para la determinación de la densidad de la capa se elegirán al azar, según la norma de ensayo INV E-730 “Selección al azar de sitios para la toma de muestras”, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro. Se deberán efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de una capa de sub-base granular, se deberá calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones humedad-peso unitario (ensayo modificado de compactación), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{Y_{d,i}}{Y_{d,máx}} \times 100 \quad [320.1]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{Y_{d,i}}{C Y_{d,máx}} \times 100 \quad [320.2]$$

Siendo:

GCi: Valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

$\gamma_{d,i}$: Valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164, sin efectuar corrección de ella por presencia de sobretamaños de manera que corresponda a la muestra total.

$\gamma_{d,m\acute{a}x}$: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 (ensayo modificado de compactación) sobre una muestra representativa del mismo.

$C\gamma_{d,m\acute{a}x}$: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 sobre una muestra representativa del mismo, y corregido por sobretamaños según la norma de ensayo INV E-143, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total.

Sobretamaños (fracción gruesa) (P_{FG}) – Porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (norma INV E-142).

El peso unitario seco máximo corregido del material ($C\gamma_{d,m\acute{a}x}$) que se use para calcular el grado de compactación individual GC_i se obtendrá, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños, P_{FG} , presente en ese sitio.

Para la aceptación del lote se aplicarán los siguientes criterios:

$GC_i (90) \geq 95.0 \%$

se acepta el lote

[320.3]

$GC_i(90) < 95.0 \%$	se rechaza el lote	[320.4]
----------------------	--------------------	---------

Siendo:

$GC_i(90)$: Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90%, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del Artículo 107, “Control y aceptación de los trabajos”, a partir de los valores individuales del grado de compactación GC_i .

Las verificaciones de compactación se deberán efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Los lotes que no alcancen las condiciones mínimas de compactación deberán ser escarificados, homogenizados, llevados a la humedad adecuada y compactados nuevamente hasta obtener el valor de densidad seca especificado.

320.5.2.2.3 Espesor

Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, el Interventor determinará el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no podrá ser inferior al de diseño (e_d).

$e_m \geq e_d$	[320.5]
----------------	---------

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, cuando menos, igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d), admitiéndose sólo un (1) valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando este valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.90 e_d$$

[320.6]

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, el Constructor deberá escarificar la capa en un espesor mínimo de cien milímetros (100 mm), añadir el material necesario de las mismas características y recomprimir y terminar la capa conforme lo exige el presente Artículo.

Si el espesor medio resulta inferior al espesor de diseño, pero ningún valor individual es inferior al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño, el Interventor podrá admitir el espesor construido, siempre que el Constructor se comprometa, por escrito, a compensar la merma con el espesor adicional necesario de la capa superior, sin que ello implique ningún incremento en los costos para el Instituto Nacional de Vías. Si el Constructor no suscribe este compromiso, se procederá como en el párrafo anterior.

320.5.2.2.4 Planicidad

Se comprobará la uniformidad de la superficie de la obra ejecutada mediante la regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793, en todos los sitios que el Interventor considere conveniente; la regla se colocará tanto paralela como normalmente al eje de la vía y no se admitirán variaciones superiores a veinte milímetros (20 mm) para cualquier punto que no esté afectado por un cambio de pendiente. Cualquier área donde se detecten irregularidades que excedan esta tolerancia será delimitada por el Interventor, y el Constructor deberá corregirla con reducción o adición de material en capas de poco espesor, en cuyo caso, para asegurar buena adherencia, será obligatorio escarificar la capa existente y compactar nuevamente la zona afectada, hasta alcanzar los niveles de compactación exigidos en el presente Artículo.

320.5.2.2.5 Zonas de bacheos

En las zonas de bacheos se deberán satisfacer las mismas exigencias de terminado, compactación, espesor y planicidad incluidas en este numeral, pero queda a juicio del Interventor la decisión sobre la frecuencia de las pruebas, la cual dependerá del tamaño de las áreas tratadas.

320.5.2.2.6 Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al Constructor

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa de sub-base granular por modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al Constructor, el Interventor delimitará el área afectada y ordenará las correcciones necesarias, por cuyo trabajo autorizará el pago al Constructor, al respectivo precio unitario del contrato.

320.6 MEDIDA

La sub-base granular se medirá según lo descrito en el numeral 300.6.1 del Artículo 300. En el caso de bacheos con material granular de sub-base, se aplicará lo descrito en el numeral 300.6.2 del mismo Artículo.

320.7 FORMA DE PAGO

La sub-base granular se pagará según lo que sea aplicable del numeral 300.7 del Artículo 300.

320.8 ÍTEM DE PAGO

320.1	Sub-base granular clase A	Metro cúbico (m ³)
320.2	Sub-base granular clase B	Metro cúbico (m ³)
320.3	Sub-base granular clase C	Metro cúbico (m ³)

320.4	Sub-base granular para bacheo clase A	Metro cúbico (m ³)
320.5	Sub-base granular para bacheo clase B	Metro cúbico (m ³)
320.6	Sub-base granular para bacheo clase C	Metro cúbico (m ³)

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

BASE GRANULAR**ARTÍCULO 330 – 13****330.1 DESCRIPCIÓN**

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, colocación, humedecimiento o aireación, extensión y conformación, compactación y terminado de material de base granular aprobado sobre una superficie preparada, en una o varias capas, de conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos y demás documentos del proyecto o establecidos por el Interventor.

330.2 MATERIALES**330.2.1 Clases de base granular**

Se definen tres clases de base granular en función de la calidad de los agregados (clases A, B y C), como se indica en la Tabla 330 - 2. Los documentos del proyecto definirán la clase de base granular por utilizar en el proyecto; así mismo, definirán el tipo de granulometría por emplear.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, las clases de base granular se usarán como se indica en la Tabla 330 - 1, en función del nivel de tránsito del proyecto.

Tabla 330 - 1. Uso típico de las diferentes clases de base granular

CLASE DE BASE GRANULAR	NIVEL DE TRÁNSITO
Clase C	NT1
Clase B	NT2
Clase A	NT3

Los agregados para la construcción de la base granular deberán satisfacer los requisitos de calidad indicados en la Tabla 330 - 2. Además, se deberán ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la Tabla 330 - 3; salvo que los documentos del proyecto indiquen otra cosa,

para niveles de tránsito NT-3 se usarán bases granulares de gradación gruesa.

330.2.2 Requisitos de calidad para los agregados

Tabla 330 - 2. Requisitos de los agregados para bases granulares

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	BASE GRANULAR		
		CLASE C	CLASE B	CLASE A
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones - 100 revoluciones	E-218	40 8	40 8	35 7
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	30	25
Evaluación de la resistencia mecánica por el método del 10 % de finos - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínimo (%)	E-224	- - -	70 75	90 75
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18	12 18	12 18
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%)	E-125	25	-	-
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	3	0	0
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	30	30	30
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 1)	E-235	10	10	10
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	2	2	2
Geometría de las Partículas (F)				
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%)	E-230	35	35	35
Caras fracturadas, mínimo (%) - Una cara - Dos caras	E-227	50 -	70 50	100 70
Angularidad de la fracción fina, mínimo (%)	E-239	-	35	35
Resistencia del material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al grado de compactación mínimo especificado (numeral 330.5.2.2.2); el CBR se medirá sobre muestras sometidas previamente a cuatro días de inmersión.	E-148	≥ 80	≥ 80	≥ 95

Nota 1: El ensayo de Valor de azul de metileno solo será exigido cuando el equivalente de arena del material de base granular sea inferior a treinta (30), pero igual o superior a veinticinco (25)

Tabla 330 - 3. Franjas granulométricas del material de base granular

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	1 ½"	1"	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
	% PASA							
BASES GRANULARES DE GRACACIÓN GRUESA								
BG-40	100	75-100	65-90	45-68	30-50	15-32	7-20	0-9
BG-27	-	100	75-100	52-78	35-59	20-40	8-22	0-9
BASES GRANULARES DE GRADACIÓN FINA								
BG-38	100	70-100	60-90	45-75	30-60	20-45	10-30	5-15
BG-25	-	100	70-100	50-80	35-65	20-45	10-30	5-15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %			6 %			3 %

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el Constructor deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme y sensiblemente paralela a los límites de la franja, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de un tamiz adyacente y viceversa.

Dentro de la franja elegida, el Constructor propondrá al Interventor una "Fórmula de Trabajo" a la cual se deberá ajustar durante la construcción de la capa, con las tolerancias que se indican en la Tabla 330 - 3, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada.

Además, la relación entre el porcentaje que pasa el tamiz de 75 μ m (No. 200) y el porcentaje que pasa el tamiz de 425 μ m (No. 40), no deberá exceder de 2/3 y el tamaño máximo nominal no deberá exceder de 1/3 del espesor de la capa compactada.

330.3 EQUIPO

Al respecto, rigen las condiciones generales que se indican en el numeral 300.3 del Artículo 300, "Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases granulares y bases granulares y estabilizadas". Para la construcción de la base granular se requieren equipos para la explotación de los materiales, una planta de trituración, una unidad clasificadora y, de ser necesario, un equipo de lavado. Además, equipos para mezclado, cargue, transporte, extensión, humedecimiento y compactación del material, así como herramientas menores.

330.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

330.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo indicado en el numeral 300.4.1 del Artículo 300.

330.4.2 Preparación de la superficie existente

El Interventor sólo autorizará la colocación de material de base granular cuando la superficie sobre la cual se debe asentar tenga la compactación apropiada y las cotas y secciones indicadas en los planos o definidas por él, con las tolerancias establecidas. Además, deberá estar concluida la construcción de las cunetas, desagües y filtros necesarios para el drenaje de la calzada.

Si en la superficie de apoyo existen irregularidades que excedan las tolerancias determinadas en la especificación de la capa de la cual forma parte, de acuerdo con lo que se prescribe en la unidad de obra correspondiente, el Constructor hará las correcciones necesarias, a satisfacción del Interventor.

330.4.3 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 300.4.2 del Artículo 300.

330.4.4 Transporte y almacenamiento del material

El transporte y el almacenamiento de materiales deberán cumplir lo establecido en los numerales 300.4.5 y 300.4.3 de Artículo 300.

330.4.5 Extensión y conformación del material

El material se deberá disponer en un cordón de sección uniforme donde el Interventor verificará su homogeneidad. Si la capa de base granular se va a construir mediante la combinación de dos (2) o más materiales, éstos se deberán mezclar en un patio fuera de la vía, por cuanto su mezcla dentro del área del proyecto no está permitida. En caso de que sea necesario humedecer o airear el material para lograr la humedad óptima de compactación, el Constructor empleará el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje el material con una humedad uniforme. Éste, después de humedecido o aireado, se extenderá en todo el ancho previsto en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y el grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de experimentación.

En todo caso, la cantidad de material extendido deberá ser tal, que el espesor de la capa compactada no resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor de base compactada por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se deberá colocar en dos o más capas, procurándose que el espesor de ellas sea sensiblemente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm). El material extendido deberá mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes. El Interventor no permitirá la colocación de la capa siguiente, antes de verificar y aprobar la compactación de la precedente.

En operaciones de bacheo o en aplicaciones en áreas reducidas, el Constructor propondrá al Interventor los métodos de extensión que garanticen la uniformidad y calidad de la capa.

330.4.6 Compactación

Una vez que el material extendido de la base granular tenga la humedad apropiada, se conformará ajustándose a los alineamientos y secciones típicas del proyecto y se compactará con el equipo aprobado por el Interventor, hasta alcanzar la densidad seca especificada.

Aquellas zonas que por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan la utilización del equipo que normalmente se utiliza, se compactarán por los medios adecuados para el

caso, en tal forma que la densidad seca que se alcance no sea inferior a la obtenida en el resto de la capa.

La compactación se efectuará longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se hará del borde inferior al superior.

330.4.7 Apertura al tránsito

Sobre las capas en ejecución se prohibirá la acción de todo tipo de tránsito mientras no se haya completado la compactación. Si ello no es factible, el tránsito que necesariamente deba pasar sobre ellas, se distribuirá de forma que no se concentren ahuellamientos sobre la superficie. El Constructor deberá responder por los daños producidos por esta causa, debiendo proceder a la reparación de los mismos con arreglo a las indicaciones del Interventor.

330.4.8 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la extensión de ninguna capa de material de base granular mientras no haya sido realizada la nivelación y comprobación del grado de compactación de la capa precedente. Tampoco se podrá ejecutar la base granular en momentos en que haya lluvia o fundado temor que ella ocurra, ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a dos grados Celsius (2° C).

Los trabajos de construcción de la base granular se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

330.4.9 Bacheos

En las excavaciones para reparación de un pavimento existente de estructura convencional (capas asfálticas densas, base granular y sub-base granular) que tengan una profundidad superior a trescientos milímetros (300 mm), se empleará material de base granular para su relleno por encima de la sub-base granular descrita en el numeral 320.4.10 del Artículo 320, “Sub-base granular”, y hasta una profundidad de setenta y cinco milímetros (75 mm) por debajo de la rasante existente.

Si la excavación tiene una profundidad mayor de ciento cincuenta milímetros y menor o igual a trescientos milímetros (> 150 y ≤ 300 mm), ella se rellenará con material de base granular hasta setenta y cinco milímetros (75 mm) por debajo de la rasante existente.

En las excavaciones para reparación del pavimento existente cuya profundidad sea menor o igual a ciento cincuenta milímetros (≤ 150 mm), no se empleará material de base granular en su relleno.

El material de base granular colocado en estos rellenos deberá ser compactado hasta alcanzar la densidad seca especificada.

Teniendo en cuenta que algunos pavimentos asfálticos de la Red Vial Nacional tienen estructuras no convencionales, muy gruesas y complejas, debido a que han sido sometidas a varias intervenciones de rehabilitación, el eventual uso de materiales de base granular en las operaciones de bacheo en ellos y las respectivas profundidades de colocación, se deberán definir en los documentos del respectivo proyecto o, en su defecto, serán establecidos por el Interventor.

330.4.10 Conservación

El Constructor deberá conservar la capa de base granular en las condiciones en las cuales le fue aceptada por el Interventor, hasta el momento de ser recubierta por la capa inmediatamente superior, aun cuando aquella sea librada parcial o totalmente al tránsito público. Durante dicho lapso, el Constructor deberá reparar, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, todos los daños que se produzcan en la base granular y restablecer el mismo estado en el cual ella se aceptó.

330.4.11 Manejo ambiental

Rige lo indicado en el numeral 300.4.8 del Artículo 300.

330.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

330.5.1 Controles

Rige lo indicado en el numeral 300.5.1 del Artículo 300.

330.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**330.5.2.1 Calidad de los agregados****330.5.2.1.1 Control de procedencia**

De cada fuente de agregados pétreos y para cualquier volumen previsto se tomarán cuatro (4) muestras representativas para realizar los ensayos especificados en la Tabla 330 - 2. Los resultados de ellos deberán satisfacer las exigencias indicadas en dicha tabla, so pena del rechazo de los materiales deficientes.

El ensayo para determinar el valor de azul de metileno sobre el agregado combinado sólo será necesario si el valor del equivalente de arena es inferior a treinta por ciento (30 %), pero es igual o superior a veinticinco por ciento (25 %).

Durante esta etapa, el Interventor deberá comprobar, además, que el material del descapote de la fuente sea retirado correctamente y que todas las vetas de material granular inadecuado sean descartadas.

330.5.2.1.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. Así mismo, se ordenará que se acopien por aparte aquellos que presenten una anomalía evidente de aspecto, como distinta coloración, plasticidad o segregación.

Al material ya colocado en la vía se le realizarán controles con la frecuencia que se indica en la Tabla 330 - 4.

Tabla 330 - 4. Verificaciones periódicas de la calidad del material de base granular

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Granulometría	E-123	Una(1) vez por jornada
Límite líquido	E-125	Una(1) vez por jornada
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	Una(1) vez por jornada
Equivalente de arena	E-133	Una(1) vez por semana
Valor de azul (si aplica)	E-235	Una(1) vez por semana
Ensayo modificado de compactación	E-142	Una(1) vez por semana

El Interventor podrá reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 330 - 4, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En el caso de mezcla de dos (2) o más materiales, los controles se realizarán sobre el material mezclado y con la fórmula de trabajo aprobada para el proyecto.

Cuando el Interventor considere que las características del material que está siendo explotado en una fuente han cambiado, se deberán repetir todos los ensayos especificados en la Tabla 330 - 2 y adoptar los correctivos que sean necesarios.

No se permitirá el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos de calidad indicados en el numeral 330.2.2.

En la eventualidad de que el resultado de alguna prueba sea insatisfactorio, se tomarán dos (2) muestras adicionales del material y se repetirá la

prueba. Los resultados de ambos ensayos deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

330.5.2.1.3 Conservación de las propiedades de los agregados

Los agregados no deberán sufrir una degradación excesiva con motivo de su manejo y compactación en obra. Para verificarlo, cada semana se tomarán muestras representativas del material colocado y compactado durante la semana previa, las cuales se someterán a los ensayos que se indican en la Tabla 330 - 5. Los resultados de estos ensayos deberán satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 330.2.2. Si no las cumplen, se suspenderá inmediatamente el empleo del material y se delimitará el área donde se haya utilizado, la cual deberá ser demolida y reconstruida por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, empleando un material de base granular apropiado y que conserve sus propiedades según se especifica en el presente inciso.

Tabla 330 - 5. Ensayos para verificar la conservación de las propiedades de los agregados

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV
Granulometría	E-123
Límite líquido	E-125
Índice de plasticidad	E-125 y E-126
Equivalente de arena	E-133

330.5.2.2 Calidad del producto terminado

330.5.2.2.1 Terminado

La capa de base granular terminada deberá presentar una superficie uniforme, sin agrietamientos, baches, laminaciones ni segregaciones; al ser barrida, la superficie deberá presentar una alta consolidación, con el agregado grueso expuesto y firmemente confinado por la

matriz de agregado más fino. La matriz de agregado fino no deberá desplazarse bajo la acción del barrido o del tránsito normal.

Si el Interventor considera que es necesario realizar correcciones por este concepto, delimitará el área afectada y el Constructor deberá escarificarla en un espesor de cien milímetros (100 mm) y, después de efectuar las correcciones necesarias, mezclará y compactará de nuevo hasta que tanto el área delimitada como las adyacentes cumplan todos los requisitos exigidos en el presente Artículo.

La capa de base granular terminada se deberá ajustar a las rasantes y a las pendientes establecidas en los documentos del proyecto, sin que existan zonas donde se retenga el agua superficial. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la berma no será inferior a la señalada en los planos o la definida por el Interventor. Las variaciones de las cotas, respecto de las establecidas en el proyecto, no podrán exceder de + 0.0 mm y - 10.0 mm.

Si se detectan zonas con un nivel inferior a la tolerancia indicada, ellas se deberán escarificar en un espesor mínimo de cien milímetros (100 mm), para enseguida agregar material de base, humedecer, mezclar, recompartar y terminar la superficie hasta lograr la densidad seca y las cotas exigidas por la presente especificación. Alternativamente, el Interventor las podrá aceptar, siempre que el Constructor se comprometa, por escrito, a compensar la merma con el espesor adicional necesario de la capa superior, sin que ello implique ningún incremento en los costos para el Instituto Nacional de Vías.

Las áreas que presenten un nivel superior a la tolerancia especificada deberán ser rebajadas, humedecidas, compactadas y terminadas nuevamente, hasta cumplir con las cotas y el

espesor establecido en los documentos del proyecto y con las exigencias de la presente especificación.

330.5.2.2.2 Compactación

Para efectos del control, se considerará como "lote" que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500 m) de capa compactada en el ancho total de la base granular.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de base granular compactada.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

Los sitios para la determinación de la densidad de la capa se elegirán al azar, según la norma de ensayo INV E-730 "Selección al azar de sitios para la toma de muestras", pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro. Se deberán efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de una capa de base granular, se deberá calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones humedad-peso unitario (ensayo modificado de compactación), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{V_{d,i}}{V_{d,máx}} \times 100 \quad [330.1]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,m\acute{a}x}} \times 100 \quad [330.2]$$

Siendo:

GC_i : Valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

$\gamma_{d,i}$: Valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164, sin efectuar corrección de ella por presencia de sobretamaños de manera que corresponda a la muestra total.

$\gamma_{d,m\acute{a}x}$: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 (ensayo modificado de compactación) sobre una muestra representativa del mismo.

$C\gamma_{d,m\acute{a}x}$: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 sobre una muestra representativa del mismo, y corregido por sobretamaños según la norma de ensayo INV E-143, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total.

Sobretamaños (fracción gruesa) (P_{FG}) – Porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (norma INV E-142).

El peso unitario seco máximo corregido del material ($C\gamma_{d,m\acute{a}x}$) que se use para calcular el grado de compactación individual GC_i se obtendrá, para cada

sitio, a partir del contenido de sobretamaños, P_{FG} , presente en ese sitio.

Para la aceptación del lote se aplicarán los siguientes criterios:

$GC_i(90) \geq 98.0 \%$	y	se acepta el lote	[330.3]
$GC_i \text{ mínimo} \geq 95.0 \%$			
$GC_i(90) < 98.0 \%$	o	se rechaza el lote	[330.4]
$GC_i \text{ mínimo} < 95.0 \%$			

Siendo:

GC_i : Valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

$GC_i(90)$: Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90%, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del Artículo 107, "Control y aceptación de los trabajos", a partir de los valores individuales del grado de compactación GC_i .

Las verificaciones de compactación se deberán efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Los lotes que no alcancen las condiciones mínimas de compactación deberán ser escarificados, homogenizados, llevados a la humedad adecuada y compactados nuevamente hasta obtener el valor de densidad seca especificado.

330.5.2.2.3 Espesor

Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, el Interventor determinará el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no podrá ser inferior al de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad [330.5]$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, cuando menos igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d), admitiéndose sólo un (1) valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando este valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.90 e_d \quad [330.6]$$

Si se incumple alguno de estos requisitos, el Constructor deberá escarificar la capa en un espesor mínimo de cien milímetros (100 mm), añadir el material necesario de las mismas características y recompactar y terminar la capa conforme lo exige el presente Artículo.

Si el espesor medio resulta inferior al espesor de diseño, pero ningún valor individual es inferior al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño, el Interventor podrá admitir el espesor construido, siempre que el Constructor se comprometa, por escrito, a compensar la merma con el espesor adicional necesario de la capa superior, sin que ello implique ningún incremento en los costos para el Instituto Nacional de Vías. Si el Constructor no suscribe este compromiso, se procederá como en el párrafo anterior.

330.5.2.2.4 Planicidad

Se comprobará la uniformidad de la superficie de la obra ejecutada mediante la regla de tres metros (3 m), según norma de ensayo INV E-793, en todos los sitios que el Interventor lo considere conveniente; la regla se colocará tanto paralela como normalmente al eje de la vía y no se admitirán variaciones superiores a diez milímetros (10 mm), para cualquier punto que no esté afectado por un cambio de pendiente. Cualquier área donde se detecten irregularidades que excedan esta tolerancia será delimitada por el Interventor, y el Constructor deberá corregirla con reducción o adición de material en capas de poco espesor, en cuyo caso, para asegurar buena adherencia, será obligatorio escarificar la capa existente y compactar nuevamente la zona afectada, hasta alcanzar los niveles de compactación exigidos en el presente Artículo.

330.5.2.2.5 Zonas de bacheos

En las zonas de bacheos se deberán satisfacer las mismas exigencias de terminado, compactación, espesor y planicidad incluidas en este numeral, pero queda a juicio del Interventor la decisión sobre la frecuencia de las pruebas, la cual dependerá del tamaño de las áreas tratadas.

330.5.2.2.6 Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al Constructor

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa de base granular por modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al Constructor, el Interventor delimitará el área afectada y ordenará las correcciones necesarias, por cuyo trabajo autorizará el pago al Constructor, al respectivo precio unitario del contrato.

330.6 MEDIDA

La base granular se medirá según lo descrito en el numeral 300.6.1 del Artículo 300. En el caso de bacheos con material granular de base, se aplicará lo descrito en el numeral 300.6.2 del mismo Artículo.

330.7 FORMA DE PAGO

La base granular se pagará según lo que sea aplicable del numeral 300.7 del Artículo 300.

330.8 ÍTEMS DE PAGO

330.1	Base granular clase A	Metro cúbico (m ³)
330.2	Base granular clase B	Metro cúbico (m ³)
330.3	Base granular clase C	Metro cúbico (m ³)
330.4	Base granular para bacheo clase A	Metro cúbico (m ³)
330.5	Base granular para bacheo clase B	Metro cúbico (m ³)
330.6	Base granular para bacheo clase C	Metro cúbico (m ³)

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIA

BASE ESTABILIZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA

ARTÍCULO 340 – 13

340.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la construcción de una base estabilizada con emulsión asfáltica, de acuerdo con los alineamientos y secciones indicados en los documentos del proyecto o autorizados por el Interventor. El material por estabilizar puede ser aquel que resulta al escarificar una capa superficial existente, un material que se adiciona o una mezcla de ambos.

340.2 MATERIALES

340.2.1 Agregados y suelos

Los materiales por estabilizar podrán ser agregados pétreos o suelos naturales, cuyas características básicas se indican a continuación. Los agregados pétreos podrán ser utilizados en la construcción de bases estabilizadas para todo tipo de tránsito, en tanto que los suelos sólo se podrán emplear en la construcción de bases estabilizadas en proyectos con nivel de tránsito NT1.

340.2.1.1 Agregados pétreos

Los agregados susceptibles de estabilizar con emulsión asfáltica podrán provenir de la trituración de piedra de cantera o de grava, de fuentes de grava natural o estar constituidos por una mezcla de ambos. Independientemente de su procedencia, los agregados deberán estar exentos de materia orgánica, terrones de arcilla o cualquier otra sustancia que pueda resultar ambientalmente nociva o inconveniente para el buen comportamiento de la capa estabilizada.

El agregado pétreo por estabilizar deberá presentar una gradación que se ajuste a alguna de las franjas señaladas en la Tabla 340 - 1. La gradación por emplear se indicará en los documentos técnicos del proyecto.

Tabla 340 - 1. Franjas granulométricas de los agregados para construcción de bases estabilizadas con emulsión asfáltica

TIPO DE MATERIAL	TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
	37.5	25.0	12.5	9.5	4.75	2.36	0.425	0.150	0.075
	1 1/2"	1"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 8	No. 40	No. 100	No. 200
% PASA									
BEE-38	100	70-100	50-80	45-75	30-60	20-45	10-27	5-18	3-15
BEE-25	-	100	60-90	50-80	30-60	20-45	10-27	5-18	3-15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de Trabajo (±)	5 %							3 %	

En adición a los requisitos de granulometría de la Tabla 340 - 1, la relación de polvo [% pasa tamiz 75 μ m (No. 200) / % pasa tamiz 425 μ m (No. 40)] no deberá exceder de 2/3. Además, el producto del porcentaje que pasa el tamiz de 75 μ m (No. 200) del agregado combinado por su índice de plasticidad, no podrá ser mayor de setenta y dos (72).

Además, los agregados deberán cumplir los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 340 - 2.

Tabla 340 – 2. Requisitos de los agregados pétreos para la construcción de bases estabilizadas con emulsión asfáltica

CARACTERÍSTICA	Norma de ensayo INV	REQUISITO
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles, gradación A, máximo (%)	E-218	50 10
- 500 revoluciones		
- 100 revoluciones		
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%) (Nota 1)	E-238	45
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos (tránsitos NT2 y NT3)	E-224	30 50
- Valor en seco, mínimo (kN)		
- Relación húmedo/seco, mínimo (%)		
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, máximo (%)	E-220	18

CARACTERÍSTICA	Norma de ensayo INV	REQUISITO
Limpieza, gradación combinada (F)		
Límite líquido, máximo (%)	E-125	35
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	7
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	20
Terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	2
Capacidad de soporte (F)		
CBR del material sin emulsión asfáltica (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días de inmersión, mínimo.	E - 148	20

Nota 1: este requisito no es necesario para obras con tránsito NT1

340.2.1.2 Suelos granulares

Para la construcción de bases estabilizadas con emulsión en proyectos de tránsito NT1, se podrán emplear suelos granulares que sean pulverizables o disgregables económicamente, que se encuentren exentos de cantidades perjudiciales de materia orgánica, arcilla plástica, materiales micáceos y cualquier otra sustancia objetable.

Sus requisitos básicos de calidad son los indicados en la Tabla 340 - 3.

Tabla 340-3. Requisitos de los suelos granulares aptos para la construcción de bases estabilizadas con emulsión asfáltica

CARÁCTERÍSTICA	Norma de ensayo INV	REQUISITO
Tipo de suelo (F)		
Clasificación según el sistema AASHTO	E-180	A-1-b o A-2-4
Limpieza, gradación combinada (F)		
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	7
Equivalente de arena		
- Suelos A-1-b, mínimo (%)	E-133	≥ 90
- Suelos A-2-4, intervalo admisible (%)		20 - 40
Terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	2
Capacidad de soporte (F)		
CBR del material sin emulsión asfáltica (%): porcentaje asociado al 90 % de la densidad seca correspondiente al ensayo modificado de compactación (norma INV E-142), medido en una muestra sometida a cuatro días de	E - 148	15

inmersión, mínimo.		
--------------------	--	--

La granulometría del material pulverizado, listo para estabilizar, se deberá ajustar a los límites señalados en la Tabla 340 - 4.

Tabla 340 – 4. Gradación de suelos granulares para la construcción de bases estabilizadas con emulsión asfáltica

TIPO DE MATERIAL	TAMIZ (mm / U.S. Standard)	
	4.75	0.075
	No. 4	No. 200
	% PASA	
BEE-5	100	5 - 25

340.2.2 Material bituminoso

Será una emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta, que corresponda a los tipos CRL-1 o CRL-1h, que cumpla los requisitos de calidad establecidos en el Artículo 411, “Suministro de emulsión asfáltica”.

340.2.3 Puzolanas

Se consideran como tales, algunos llenantes comerciales que complementan la acción del ligante asfáltico en cuanto a su reactividad. Los más utilizados son el cemento hidráulico, la cal hidratada y las cenizas volantes, cuyas características se deberán establecer en una especificación particular.

Si los llenantes son adicionados con el propósito de controlar la rotura de la emulsión asfáltica, no se considerarán como puzolanas y, en consecuencia, no habrá pago separado por su suministro.

340.2.4 Aditivos mejoradores de adherencia

En caso de requerirse aditivos para rebajar la tensión superficial y mejorar la adherencia, éstos se deberán ajustar a lo descrito en el Artículo 412, “Suministro de aditivo mejorador de adherencia”.

340.2.5 Agua

El agua que se requiera para la estabilización deberá ser limpia y libre de materia orgánica, álcalis y otras sustancias perjudiciales. Puede ser agua

potable; si no lo es, deberá cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 340 - 5.

Tabla 340 – 5. Requisitos del agua no potable para la construcción de base estabilizada con emulsión asfáltica

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO ASTM	REQUISITO
pH	D 1293	5.5 - 8.0
Contenido de sulfatos, expresado como $\text{SO}_4^{=}$, g/l máximo	D 516	1.0

340.3 EQUIPO

En relación con el equipo, rigen las condiciones generales descritas en el numeral 300.3 del Artículo 300, “Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases y bases granulares y estabilizadas”. Básicamente, el equipo incluirá elementos para la explotación, cargues, transportes, eventual trituración, clasificación y extensión del material mineral; el almacenamiento, transporte y distribución del agua, de la emulsión asfáltica y de puzolanas y aditivos que eventualmente se requieran; para la elaboración, extensión, compactación y nivelación de la mezcla estabilizada, así como un equipo apropiado para escarificar la capa existente, en caso que su utilización esté prevista en el proyecto.

340.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

340.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo indicado en el numeral 300.4.1 del Artículo 300.

340.4.2 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

340.4.2.1 Generalidades

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el Constructor entregará al Interventor, para su verificación, muestras de los materiales que se propone utilizar, avaladas por los resultados de ensayos que demuestren la conveniencia de utilizarlos. Si a juicio del Interventor, los materiales resultan objetables, el Constructor deberá

efectuar las modificaciones necesarias para corregir las deficiencias. Una vez el Interventor manifieste su conformidad con los materiales, el Constructor procederá a definir el contenido óptimo de agua de preenvuelta y a diseñar la mezcla.

El contenido óptimo de agua de preenvuelta se fijará en función del suelo o agregado por estabilizar, basándose principalmente en la experiencia obtenida en casos análogos. La humedad por elegir será aquella que dé lugar a un cubrimiento uniforme y homogéneo del material mineral por parte del ligante, mientras que la humedad óptima de compactación será la óptima del ensayo modificado de compactación sobre el suelo o agregado por estabilizar (norma de ensayo INV E-142).

Las mezclas de base estabilizada con emulsión asfáltica se diseñarán siguiendo los métodos indicados en la Tabla 340-6.

Tabla 340 – 6. Método de diseño para mezclas de bases estabilizadas con emulsión asfáltica

TIPO DE BASE ESTABILIZADA	NORMA DE ENSAYO	MÉTODO
BEE-38 y 25	INV E-622	Inmersión-compresión
BEE-5	NLT 170/77	Extrusión

Se pueden utilizar otros procedimientos para el diseño de las mezclas. En tal caso, los métodos de diseño y los criterios de selección del porcentaje óptimo de ligante se deberán definir en una especificación particular.

340.4.2.2 Diseño de la mezcla por resistencia

340.4.2.2.1 Diseño de la mezcla por el método de inmersión-compresión para bases estabilizadas con agregados pétreos

Se elaborarán mezclas con diferentes contenidos de ligante por encima y por debajo del óptimo teórico (al menos 4 contenidos de ligante), para someterlas al ensayo de inmersión-compresión. El contenido óptimo de ligante se determinará aplicando los criterios de la Tabla 340 - 7.

Tabla 340 – 7. Criterios de resistencia para la determinación del contenido óptimo de emulsión asfáltica para bases estabilizadas con agregados pétreos BEE-38 y BEE-25

PARÁMETRO	NORMA DE ENSAYO INV	VALOR
Resistencia de probetas curadas en seco R_s , mínimo (MPa)	E-622	1.5
Resistencia conservada tras curado húmedo $R_c = R_h/R_s$, mínimo (%)		75

El porcentaje óptimo de ligante residual será aquel que, cumpliendo las exigencias indicadas, permita alcanzar el valor máximo de resistencia tras curado húmedo R_h .

340.4.2.2 Diseño de la mezcla por el método de extrusión para bases estabilizadas con suelos granulares

Se elaborarán mezclas con diferentes contenidos de ligante por encima y por debajo del óptimo teórico (al menos 4 contenidos de ligante), para someterlas al ensayo de extrusión. En la Tabla 340-8, se presentan los criterios para la determinación del contenido óptimo de ligante.

Tabla 340 – 8. Criterios de resistencia para la determinación del contenido óptimo de emulsión asfáltica para bases estabilizadas con suelos granulares BEE-5

PARÁMETRO	NORMA DE ENSAYO	VALOR
Extrusión seca, mínimo (N)	NLT 170/77	4500
Extrusión húmeda, mínimo (N)		1500
Absorción de agua, máximo (%)		7
Hinchamiento, máximo (%)		5

340.4.2.3 Informe de diseño de la mezcla

El informe de diseño que presente el Constructor, en el cual propondrá la fórmula de trabajo por aplicar en cada tramo homogéneo, para consideración y eventual aprobación del Interventor, contendrá, cuando menos, la siguiente información:

- La identificación y la proporción (en masa seca) de cada fracción del material granular.
- La granulometría de cada fracción del material granular y la granulometría combinada.
- El porcentaje de agua para mezcla y para compactación, en relación la masa seca del componente mineral.
- El porcentaje óptimo de ligante residual y de emulsión en relación con la masa seca del material.
- La identificación y la dosificación de puzolanas y de aditivos, si se requieren, los cuales deberán ser de la misma marca utilizada tanto en las pruebas de laboratorio como en la fase de experimentación y en la ejecución de los trabajos.
- Las resistencias obtenidas a la compresión en la prueba de inmersión-compresión o en la prueba de extrusión.
- La masa unitaria seca máxima y la humedad óptima correspondientes a la dosificación de diseño.
- Los resultados de los ensayos complementarios que indique el Pliego de Condiciones.

340.4.2.4 Ajuste de la fórmula de trabajo

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se podrá ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

Los trabajos no se podrán iniciar a escala industrial, si la fórmula de trabajo definitiva para cada tramo no ha sido aprobada por el Interventor.

La aprobación de la fórmula de trabajo por parte del Interventor, no exime al Constructor de su plena

responsabilidad de alcanzar, con base en ella, la calidad exigida en este Artículo.

340.4.3 Preparación de la superficie existente

Si el material por estabilizar es totalmente de aporte, sea que la mezcla se realice en vía o en planta, antes de construir la base estabilizada se comprobará que la superficie que le va a servir de apoyo se encuentre limpia, tenga la densidad y la planicidad apropiadas y las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la especificación respectiva, se deberán corregir de acuerdo con lo indicado en ella, a plena satisfacción del Interventor.

Si el proyecto exige la aplicación previa de una imprimación, ésta se efectuará de acuerdo con lo previsto en el Artículo 420, “Imprimación”, de este documento.

En caso que la construcción se vaya a realizar mediante el procedimiento de mezcla en vía en varias pasadas utilizando el suelo existente, éste se deberá escarificar en todo el ancho de la capa que se va a mezclar, hasta una profundidad suficiente para que, una vez compactada, la capa estabilizada alcance el espesor señalado en los planos o indicado por el Interventor. Esta operación se deberá efectuar cuando menos dos (2) días antes del proceso de pulverización del material por estabilizar.

Si se contempla la adición de un suelo de aporte para mejorar el existente, ambos se deberán mezclar uniformemente antes de iniciar la aplicación del ligante.

En los casos en que el proceso involucre el suelo del lugar, total o parcialmente, se deberá comprobar que el material que se encuentre bajo el espesor por estabilizar presente adecuadas condiciones de resistencia y, en caso de no tenerlas, el Interventor ordenará las modificaciones previas que considere necesarias en el procedimiento de trabajo.

En todos los casos, deberá estar concluida la construcción de los dispositivos necesarios para el drenaje de la calzada que requieran ser contruidos, previamente a la construcción de la base estabilizada con emulsión asfáltica.

340.4.4 Transporte y almacenamiento de suelos y agregados

Cuando la estabilización incluya suelos o agregados de aporte, éstos se transportarán a la planta de mezcla o a la vía, según el caso, en vehículos apropiados protegidos con lonas u otros cobertores adecuados, asegurándolos a la carrocería, de manera de impedir que parte del material caiga sobre las vías por las cuales transitan los vehículos.

Cuando se requiera almacenar los suelos o agregados destinados a la construcción de la base estabilizada con emulsión asfáltica, se deberán tener en cuenta los cuidados señalados en el numeral 300.4.3 del Artículo 300.

340.4.5 Elaboración de la mezcla

La mezcla se podrá elaborar en la vía, en una planta central o en una planta caminera, de acuerdo con los procedimientos generales que se indican a continuación.

En todos los casos en que se empleen aditivos o puzolanas, éstos se deberán adicionar al material granular antes de su mezcla con la emulsión asfáltica.

340.4.5.1 Mezcla en vía en varias pasadas

Si la mezcla se va a efectuar con material de aporte, éste se transportará a la vía y se extenderá en el ancho y espesor adecuados que permitan que la capa, luego de mezclada y compactada, cumpla con las secciones indicadas en los planos u ordenadas por el Interventor. Dicho material deberá cumplir con los requisitos establecidos en el numeral 340.2.1.

Cuando en el proceso se incorpore el suelo existente, éste deberá ser pulverizado previamente hasta obtener una eficacia del ochenta y cinco por ciento (85 %) referida al tamiz de 9.5 mm (3/8") y del setenta y cinco por ciento (75 %) referida al tamiz de 4.75 mm (No. 4), entendiendo por eficacia la relación entre los porcentajes que pasan por tamizado en seco en obra y por tamizado húmedo en laboratorio. Si el suelo es difícil de pulverizar en estado natural, la operación se puede facilitar con un

humedecimiento previo, el cual no podrá rebasar la humedad óptima para la mezcla.

Inmediatamente antes de efectuar la mezcla con la emulsión, se verificará la humedad y, si fuere necesario un aumento de ella, se incorporará la cantidad debida de agua y se efectuará la mezcla correspondiente, perfilando la superficie de modo que presente, aproximadamente, la sección indicada en los planos u ordenada por el Interventor.

A continuación, se aplicará la emulsión asfáltica por medio de un carro tanque irrigador, con la dosificación y temperatura aprobadas por el Interventor, procediendo a la mezcla con el equipo aceptado, hasta obtener un producto homogéneo, de color uniforme y exento de concentraciones de ligante.

En caso de que el espesor de diseño exceda de quince centímetros (15 cm), la construcción de la base se deberá fraccionar en dos (2) capas, preferiblemente de igual espesor.

340.4.5.2 Mezcla en vía en una sola pasada

Cuando se emplee un equipo mezclador de paso sencillo, una vez preparada la superficie existente o extendido uniformemente el material de aporte (incluidos los aditivos y puzolanas), las operaciones de pulverización, adición de agua y emulsión y mezcla de los tres componentes se efectuarán en una sola pasada, regulando la velocidad de avance de la máquina y los caudales de agua y emulsión, de modo que la mezcla resulte homogénea y con las dosificaciones de agua y emulsión previstas en el diseño de la mezcla.

340.4.5.3 Mezcla en planta fija

Las plantas de mezcla podrán ser de tipo continuo o discontinuo y deberán estar provistas de dispositivos adecuados que permitan dosificar por separado la emulsión, el agua y el material mineral, con una precisión compatible con las tolerancias aceptadas por esta especificación.

Si la planta es de tipo continuo, se introducirán en el mezclador los suelos o agregados por estabilizar y, en forma sucesiva y con intervalos de tiempo apropiados, los caudales de agua y de emulsión requeridos para cumplir con la fórmula de trabajo.

Si la planta es de tipo discontinuo, una vez introducidos los suelos o agregados por estabilizar dentro del mezclador, se añadirán el agua necesaria de preenvuelta de acuerdo con la humedad de aquellos y, tras un lapso que permita el humedecimiento homogéneo del material granular, se añadirá automáticamente la cantidad de emulsión calculada para cada bachada y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

Según el tipo de instalación, la mezcla puede caer directamente al camión de transporte, a una banda transportadora, a un silo desde donde se vierte al camión o directamente a una pila de almacenamiento. En el caso que se emplee una banda, se deberá regular su velocidad, verificar el buen funcionamiento del raspador y lubricarla con una pequeña cantidad de agua, con el fin de evitar segregaciones de la mezcla.

340.4.5.4 Mezcla en planta caminera

Si la mezcla se realiza en una planta caminera, los materiales por estabilizar, preparados de manera que cumplan con la granulometría exigida, serán transportados al sitio de las obras y vertidos a la tolva receptora de la planta, la cual estará provista de dispositivos dosificadores similares a los de las plantas fijas continuas. Tales dosificadores deberán ser sincrónicos para obtener las proporciones deseadas de los tres (3) ingredientes, que serán conducidos a una mezcladora continua que verterá posteriormente la mezcla en la carretera.

340.4.6 Transporte de la mezcla

La mezcla elaborada en planta fija se transportará a la vía en volquetas acondicionadas para tal fin. Durante el transporte de la mezcla se deberán

tomar las precauciones necesarias para reducir al mínimo la segregación y la pérdida de humedad.

340.4.7 Extensión y compactación de la mezcla

Después de las operaciones de mezclado y eventual transporte, la mezcla se extenderá mecánicamente en el ancho especificado y en un espesor tal que, después de compactada, se ajuste a la sección transversal y cotas indicadas en los planos u ordenadas por el Interventor.

Las mezclas elaboradas en planta fija se deberán extender con una terminadora asfáltica.

Una vez que se verifique que la mezcla tiene la humedad óptima de apisonado se realizará la compactación, mediante el procedimiento definido durante la fase de experimentación, hasta alcanzar los niveles de densidad exigidos en el numeral 340.5.2.7.3.

En el caso de mezcla en vía con varias pasadas, cuando se hayan efectuado aproximadamente las dos terceras partes del trabajo de compactación se realizará, de ser necesario, un perfilado de la superficie de las rasantes previstas, continuando esta última fase de la operación con los compactadores y la motoniveladora, hasta obtener la densidad y el perfil requeridos.

Independientemente del tipo de compactadores empleados, la compactación final se deberá realizar con equipo neumático, para eliminar las huellas de los rodillos lisos y la motoniveladora.

En las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitan el empleo del equipo aprobado durante la fase de experimentación, la mezcla se extenderá y compactará con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación.

340.4.8 Juntas de trabajo

Todas las juntas de trabajo se dispondrán de forma que su borde quede vertical, cortando parte de la capa terminada. A todas las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad se les aplicará una capa uniforme y delgada de emulsión asfáltica, antes de colocar la mezcla nueva.

Si se trabaja por franjas, se dispondrán juntas longitudinales en todos los casos en que transcurra más de una jornada entre las operaciones en franjas contiguas.

340.4.9 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 300.4.2 del Artículo 300.

Al comienzo de los trabajos, el Constructor elaborará secciones de ensayo de longitud, ancho y espesor definidos en acuerdo con el Interventor, donde se probarán el equipo y los materiales y se determinará el método definitivo de trabajo, de manera que se cumplan los requisitos de la presente especificación.

El Interventor tomará muestras del material estabilizado y determinará su conformidad en relación con las condiciones especificadas sobre el grado de disgregación del material mineral, espesor de capa, proporción de emulsión asfáltica, compactación y demás requisitos exigidos.

En caso de que los ensayos indicaren que el material estabilizado no se ajusta a dichas condiciones, el Constructor deberá hacer inmediatamente todas las correcciones necesarias y, si fuere preciso, modificará la fórmula de trabajo, repitiéndose las secciones de ensayo una vez efectuadas las correcciones, hasta que ellas resulten satisfactorias para el Interventor.

340.4.10 Apertura al tránsito

No se permitirá el tránsito público hasta que la mezcla compactada pueda soportar el paso de los vehículos sin que se produzcan desplazamientos. Durante las primeras cuarenta y ocho horas (48 h) a partir de la apertura, la velocidad de los vehículos se deberá limitar a veinte kilómetros por hora (20 km/h) e impedir que sobre la capa se produzcan aceleraciones, frenados o giros bruscos.

340.4.11 Curado y protección superficial de la capa compactada

Las capas de base estabilizada con emulsión requieren un período de curado para su maduración, antes de que se autorice su cobertura. El tiempo de curado deberá ser el suficiente para que el contenido de humedad del material mezclado y compactado sea inferior a uno por ciento (1 %). Por lo general, dicho período es, como mínimo, de diez (10) días, dependiendo de las condiciones climáticas.

Durante dicho lapso, el Constructor aplicará los riegos de protección que le solicite el Interventor, para prevenir el deterioro de la capa por la acción de las aguas superficiales y del tránsito automotor. Dichos riegos se realizarán de acuerdo con el Artículo 422, “Riego de curado”, excepto que la emulsión estará diluida en agua de manera que el ligante residual sea aproximadamente treinta por ciento (30 %) y la dosificación del ligante estará entre dos y tres décimas de kilogramo de ligante residual por metro cuadrado (0.2 - 0.3 kg/m²).

340.4.12 Conservación

El Constructor deberá conservar la capa base estabilizada con emulsión asfáltica en perfectas condiciones hasta que se construya la capa superior prevista en el proyecto. Todo daño que se presente deberá ser corregido a plena satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

340.4.13 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la extensión y compactación de mezclas para base estabilizada con emulsión asfáltica cuando la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a cinco grados Celsius (5° C) o haya lluvia o fundados temores que ella ocurra.

En caso que la mezcla sin compactar o compactada sea afectada por el agua lluvia y como resultado de ello se lave la emulsión, el Constructor deberá, a su costa, retirar la mezcla afectada y reconstruir el sector deteriorado a satisfacción del Interventor.

Los trabajos de construcción de la base estabilizada con emulsión se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

340.4.14 Manejo ambiental

En relación con el manejo ambiental, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 300.4.8 del Artículo 300

340.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

340.5.1 Controles

En adición a lo exigido por el numeral 300.5.1 del Artículo 300, se efectuarán ensayos para el control de calidad de la mezcla y de densidad y resistencia de ella luego de compactada.

340.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

340.5.2.1 Calidad del producto bituminoso

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para la emulsión asfáltica serán los establecidos en el Artículo 411.

340.5.2.2 Calidad del agua

Siempre que se tenga alguna incertidumbre en relación con la calidad del agua, se verificarán su pH y su contenido de sulfatos. Sus resultados deberán satisfacer las exigencias del numeral 340.2.5 para permitir su empleo. Si no las satisfacen, se impedirá el uso posterior de dicha agua y se someterán a observación los tramos ya elaborados con ella.

340.5.2.3 Calidad de los aditivos y elementos de aporte

Cada vez que el Interventor lo considere necesario, se realizarán las pruebas requeridas para verificar la calidad de estos productos. El incumplimiento de las especificaciones pertinentes de estos productos, implicará el rechazo del envío correspondiente.

340.5.2.4 Calidad de los agregados pétreos y suelos granulares

Se realizarán los siguientes controles:

340.5.2.4.1 Aprobación inicial

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deberán

realizar los ensayos que se encuentran indicados en la Tablas 340-2 o 340-3, según corresponda.

Los resultados de estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas en ellas, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

340.5.2.4.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se ordenará el retiro de los agregados y suelos que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, se ordenará acopiar por separado aquellos materiales que presenten alguna anomalía de aspecto y se vigilará la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, se efectuarán las verificaciones de calidad indicadas en la Tabla 340-9.

Tabla 340 – 9. Ensayos de verificación sobre los agregados pétreos y suelos granulares

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA	
		AGREGADOS	SUELOS
Composición (F)			
Granulometría	E-123	1 por jornada	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)			
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes	No aplica
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes	
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos	E-224	1 por mes	
Durabilidad (O)			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes	No aplica
Limpieza, gradación combinada (F)			
Límite líquido	E-125	1 por jornada	1 por jornada
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	1 por jornada	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana	1 por semana
Terrones de arcilla y partículas deleznales	E-211	1 por semana	No aplica
Capacidad de soporte (F)			
CBR del material sin emulsión asfáltica	E-148	1 por mes	1 por mes

En el caso de suelos granulares, cada jornada se verificará la clasificación según el sistema AASHTO a partir de los resultados obtenidos de los ensayos diarios de granulometría, límite líquido e índice de plasticidad.

El Interventor, podrá reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 340.9, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

No se permitirá el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos pertinentes del presente Artículo. En la eventualidad que alguna prueba dé lugar a un resultado no satisfactorio, se tomarán dos (2) muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor impedirá el uso del volumen de material al cual representen dichos ensayos.

340.5.2.5 Composición de la mezcla

Para efectos del control, se considerará como lote el volumen de material que resulte de aplicar los criterios del numeral 340.5.2.7.1.

Cuantitativamente, se realizarán los siguientes controles:

340.5.2.5.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 340.5.2.7.1, se determinará el contenido de asfalto residual (Norma de ensayo INV E-732).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART %) tendrá una tolerancia de uno por ciento (1.0 %) para estabilizaciones realizadas en vía y

medio por ciento (0.5 %) para mezclas elaboradas en planta, con respecto al establecido en la fórmula de trabajo (ARF %).

$ARF\% - 1.0\% \leq ART\% \leq ARF\% + 1.0\%$ [340.1]
(mezcla en vía)

$ARF\% - 0.5\% \leq ART\% \leq ARF\% + 0.5\%$ [340.2]
(mezcla en planta)

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI %), no podrá diferir del valor medio del lote (ART %) en más de uno por ciento (1.0 %), admitiéndose sólo un (1) valor por fuera de este intervalo.

$ART\% - 1.0\% \leq ARI\% \leq ART\% + 1.0\%$ [340.3]

Un porcentaje de asfalto residual fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso del ligante, el Constructor demuestre que no habrá problemas de comportamiento de la base estabilizada.

En caso de rechazo, la capa correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y corregida o reemplazada a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

340.5.2.5.2 Granulometría

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados, mediante la norma de ensayo INV E-782, la cual deberá cumplir la gradación de la fórmula de trabajo, dentro de las tolerancias establecidas en la Tabla 340 - 1.

Cuando los valores obtenidos incumplan estos requisitos, el Constructor deberá preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje de emulsión o asfalto espumado que dé lugar al contenido medio de asfalto residual de la mezcla elaborada con dicho material. Ella se someterá a las pruebas mencionadas en el numeral 340.4.2. Si todos los requisitos allí indicados no se cumplen, se rechazará el lote al cual correspondan esas muestras.

En caso de rechazo, la capa correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y corregida o reemplazada a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

340.5.2.5.2.1 Agregados pétreos

Las curvas obtenidas se deberán ajustar a la establecida al determinar la fórmula de trabajo, con las tolerancias que se indican en la Tabla 340-1.

340.5.2.5.2.2 Suelos granulares

Las curvas obtenidas se deberán encontrar dentro de la banda granulométrica de la Tabla 340-4.

340.5.2.6 Calidad de la mezcla

340.5.2.6.1 Resistencia

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada, se moldearán probetas (tres por muestra) para verificar en el laboratorio su resistencia en los ensayos de inmersión-compresión o extrusión, según el tipo de material mineral que se establezca (normas de ensayo INV E-622 y NLT 170/77, respectivamente). Una muestra se curará en seco y otra en condición húmeda.

El promedio de la resistencia de las tres (3) probetas sometidas a curado seco (R_m), deberá superar o al menos igualar al noventa por ciento (90 %) de la respectiva resistencia de la mezcla definitiva de trabajo (R_t). Un criterio similar se aplicará para las probetas sometidas a curado húmedo.

$$R_m \geq 0.90 R_d$$

[340.4]

Además, la resistencia de cada probeta (R_i) deberá ser igual o superior al ochenta por ciento (80 %) del valor medio de su respectivo grupo, admitiéndose sólo un (1) valor individual por debajo de ese límite:

$$R_m \geq 0.80 R_d$$

[340.5]

En el caso de base con agregados pétreos, la resistencia conservada promedio (R_{cm}) deberá ser, como mínimo, el setenta y cinco por ciento (75 %), sin que al respecto se admita ninguna tolerancia.

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se rechazará el lote al cual representan las muestras. En caso de rechazo, la capa correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y corregida o reemplazada a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Si el incumplimiento se presenta en dos (2) lotes consecutivos, se deberán suspender los trabajos hasta que se estudie una nueva fórmula de trabajo que garantice el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en el numeral 340.4.2, para el tipo de base que se esté evaluando

340.5.2.7 Calidad del producto terminado**340.5.2.7.1 Tamaño del lote**

Se considerará como “lote” que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios, para una sola capa de mezcla asfáltica en densa en frío:

- Quinientos metros lineales (500 m) de mezcla colocada en todo el ancho de la calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de mezcla colocada.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

340.5.2.7.2 Aspectos generales

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa, excluidos sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Interventor. La cota definitiva de cualquier punto de la capa no podrá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

340.5.2.7.3 Compactación

Los sitios para la determinación de la densidad de la capa se elegirán al azar, según la norma de ensayo INV E-730 “Selección al azar de sitios para la toma de muestras”, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro. Se deberán efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de una capa base estabilizada con emulsión, se deberá calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones humedad-peso unitario (ensayo

modificado de compactación), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,m\acute{a}x}} \times 100 \quad [340.6]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,m\acute{a}x}} \times 100 \quad [340.7]$$

Siendo: GC_i : Valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

$\gamma_{d,i}$: Valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164, sin efectuar corrección de ella por presencia de sobretamaños de manera que corresponda a la muestra total.

$\gamma_{d,m\acute{a}x}$: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 (ensayo modificado de compactación) sobre una muestra representativa del mismo.

$C\gamma_{d,m\acute{a}x}$: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 sobre una muestra representativa del mismo, y corregido por sobretamaños según la norma de ensayo INV E-143, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total.

Sobretamaños (fracción gruesa) (P_{FG}) – Porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (norma INV E-142).

El peso unitario seco máximo corregido del material ($C_{y_{d,máx}}$) que se use para calcular el grado de compactación individual GC_i se obtendrá, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños, P_{FG} , presente en ese sitio.

Para la aceptación del lote se aplicarán los siguientes criterios:

$GC_i (90) \geq 95.0 \%$	se acepta el lote	[340.8]
$GC_i (90) < 95.0 \%$	se rechaza el lote	[340.9]

Siendo:

$GC_i(90)$: Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90%, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del Artículo 107, "Control y aceptación de los trabajos", a partir de los valores individuales del grado de compactación GC_i .

Las verificaciones de compactación se deberán efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Las comprobaciones de la compactación se realizarán cuando se haya cumplido sustancialmente el período de curado de la mezcla, conforme se haya determinado en la fase de experimentación.

En caso de rechazo, la capa de base estabilizada correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y corregida a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

340.5.2.7.4 Espesor

1

Sobre la base del lote escogido para el control de la compactación y en los mismos puntos de verificación, se determinará el espesor promedio de la capa compactada (e_m), el cual no podrá ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d$$

[340.10]

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño, admitiéndose un (1) solo valor por debajo de dicho límite, siempre que este último valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.90 e_d$$

[340.11]

Si se incumple alguno de estos requisitos, se rechazará el lote, salvo que el Constructor se comprometa a compensar la deficiencia incrementando el espesor de la capa superior del pavimento en el espesor faltante, sin que el exceso de espesor por colocar de esta última genere costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

340.5.2.7.5 Planicidad

La superficie acabada no podrá presentar, en ningún punto, zonas de acumulación de agua ni irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm) cuando se compruebe con una regla de tres

metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793; la regla se colocará tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el Interventor, los cuales no podrán corresponder a puntos donde haya cambios de pendiente transversal de acuerdo con el diseño.

340.5.2.7.6 Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al Constructor

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa de base estabilizada, por modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al Constructor, el Interventor delimitará el área afectada y ordenará las correcciones necesarias, por cuyo trabajo autorizará pago al Constructor, al respectivo precio unitario del contrato.

340.6 MEDIDA

La base estabilizada con emulsión asfáltica se medirá según lo descrito en el Artículo 300 y en particular en el numeral 300.6.1.

340.7 FORMA DE PAGO

La base estabilizada con emulsión asfáltica se pagará según lo descrito en el Artículo 300 y en particular en el numeral 300.7.1.

Se excluyen del precio unitario de la base estabilizada con emulsión asfáltica los siguientes aspectos:

- El suministro de la emulsión asfáltica, que se pagará de acuerdo con el Artículo 411.
- La puzolana que se incluya en la mezcla para complementar la reactividad, de acuerdo con lo indicado en el numeral 340.2.3, que se pagará como se indique en una especificación particular.

340.8 ÍTEM DE PAGO

340.1	Base estabilizada con emulsión asfáltica tipo BEE-38	Metro cúbico (m ³)
340.2	Base estabilizada con emulsión asfáltica tipo BEE-25	Metro cúbico (m ³)
340.3	Base estabilizada con emulsión asfáltica tipo BEE-5	Metro cúbico (m ³)

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

SUELO-CEMENTO**ARTÍCULO 350 – 13****350.1 DESCRIPCIÓN**

Este trabajo consiste en la construcción de una capa estructural de pavimento, constituida por una mezcla uniforme de suelos o agregados (material adicionado totalmente o resultante de la escarificación de la capa superficial existente, o una mezcla de ambos), cemento hidráulico, agua y eventualmente aditivos, de acuerdo con las dimensiones, alineamientos y secciones indicados en los documentos del proyecto o determinados por el Interventor.

350.2 MATERIALES**350.2.1 Clases de suelo-cemento**

Se definen 2 clases de suelo-cemento como se indica en la Tabla 350 - 1, en función de los criterios para el diseño de la mezcla.

Tabla 350 - 1. Clases de suelo - cemento

CLASE DE SUELO-CEMENTO	SC-D	SC-R
Criterios de diseño de la mezcla Numeral 350.4.1.1	Durabilidad	Durabilidad y Resistencia

Los documentos del proyecto definirán la clase de suelo-cemento por utilizar en el proyecto; además, definirán el tipo de gradación, dentro de las opciones mencionadas en la Tabla 350 - 3. En el caso de las mezclas tipo SC-R, los documentos del proyecto pueden, además, especificar una resistencia mínima superior a la establecida en el numeral 350.4.1.1.

350.2.2 Suelos o agregados por estabilizar

El material por estabilizar con cemento hidráulico podrá provenir de la escarificación de la capa superficial existente, o ser un suelo natural proveniente de excavaciones o zonas de préstamo, o agregados locales, o escorias, o mezclas de ellos. El material, ya combinado, deberá estar libre de materia orgánica u otra sustancia que pueda perjudicar el correcto fraguado del cemento. Deberá, además, cumplir los requisitos generales que se indican en la Tabla 350 - 2, y se deberá ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la Tabla 350 - 3.

Tabla 350 - 2. Requisitos de los materiales para la construcción de suelo-cemento

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	GRADACIÓN TIPO A	GRADACIÓN TIPO B
Composición (F)			
<ul style="list-style-type: none">- Granulometría del material pulverizado, listo para estabilizar.- Tamaño máximo, fracción máxima del espesor de la capa compactada	E-123	Tabla 350 - 3 1/2	
Limpieza (F)			
Límite líquido, % máximo	E-125	30	35 (Nota 1)
Índice de plasticidad, % máximo	E-125 y E-126	12	15 (Nota 1)
Contenido de materia orgánica, % máximo	E-121	1.0	
Características químicas (O)			
Proporción de sulfatos del material combinado, expresado como $\text{SO}_4^{=}$, % máximo	E-233	0.5	
Reactividad álcali - agregado: Concentración SiO_2 y reducción de alcalinidad R	E-234	$\text{SiO}_2 \leq R$ cuando $R \geq 70$ $\text{SiO}_2 \leq 35 + 0.5R$ cuando $R < 70$	

Nota1 .Si los documentos del proyecto lo permiten, estos límites se pueden exceder siempre y cuando el Constructor demuestre al Interventor que el equipo de construcción tiene una capacidad de disgregación suficiente para conseguir una mezcla íntima y homogénea de un suelo más plástico con el cemento.

Tabla 350 - 3. Requisitos granulométricos del material para la construcción de suelo-cemento

TIPO DE GRADACIÓN		TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
		50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
		2"	1 ½"	1"	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
		% PASA								
Tipo A	A-50	100	70-100	60-100	50-90	40-80	30-70	20-55	10-40	2-20
	A-25	-	-	100	70-100	60-100	50-85	40-70	20-45	2-25
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)		0 %	7 %				6 %			3 %
Tipo B	B-50-1	100	-	-	-	-	40-80	-	-	2-35
	B-50-2	100	-	-	-	-	60-100	-	-	0-50
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)		0 %	-				8 %			5 %

350.2.3 Cemento

El cemento para la estabilización deberá ser cemento hidráulico de uso general, el cual deberá cumplir lo especificado en el Artículo 501, “Suministro de cemento hidráulico”.

No se permitirá el empleo de cemento que haya fraguado parcialmente o que contenga terrones del producto endurecido. Tampoco se permitirá el empleo de cemento extraído de bolsas usadas en jornadas anteriores.

350.2.4 Agua

El agua que se requiera para la estabilización deberá ser limpia y libre de materia orgánica, álcalis y otras sustancias perjudiciales. Puede ser agua potable; si no lo es, deberá cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 350 - 4.

Tabla 350 - 4. Requisitos del agua no potable para la construcción de suelo-cemento

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO ASTM	REQUISITO
pH	D 1293	5.5 - 8.0
Contenido de sulfatos, expresado como $\text{SO}_4^{=}$, g/l máximo	D 516	1.0

350.2.5 Aditivos

Los documentos del proyecto pueden establecer el uso de aditivos para obtener la trabajabilidad adecuada o mejorar las características de la mezcla.

Así mismo, el Constructor puede poner a consideración del Interventor el empleo de aditivos con los mismos propósitos; en particular, el empleo de retardadores de fraguado para extender el tiempo de trabajo de las mezclas.

En todos los casos, los aditivos que se empleen deberán cumplir los requerimientos de la especificación ASTM C 494; además, el Constructor deberá realizar los ensayos que demuestren que los aditivos cumplen su función prevista con los materiales y dosificaciones previstos en la fórmula de trabajo.

350.3 EQUIPO

Básicamente, el equipo estará constituido por equipos para la escarificación y la disgregación del material (si se requiere), la elaboración de la mezcla (planta de mezcla o máquina estabilizadora), motoniveladora, compactadores metálicos vibratorios y neumáticos, carrotanques para aplicar agua y el material de curado de la capa compactada, equipo para la formación de las juntas, equipos de transporte y herramientas menores.

350.3.1 Equipo para la elaboración de la mezcla de suelo-cemento

Los documentos del proyecto definirán el tipo de equipo para elaborar la mezcla de suelo-cemento, dentro de las siguientes opciones: planta de mezcla, máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio y motoniveladora.

Si los documentos del proyecto no indican el equipo por utilizar, se dará por definido el uso de una máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio de paso sencillo. Sólo se permitirá el uso de motoniveladora para la mezcla cuando los documentos técnicos del proyecto lo señalen taxativamente.

Si los documentos del proyecto exigen la preparación de la mezcla en una planta, deberán establecer en detalle las características de la planta y el procedimiento para la ejecución de los trabajos; si no lo establecen, se aplicarán las características de la planta y los procedimientos descritos en el Artículo 630, "Concreto estructural", para la elaboración de concreto.

En cualquier caso, el equipo para la mezcla que suministre el Constructor deberá ser capaz de lograr una completa homogenización de los componentes, dentro de las tolerancias establecidas en este Artículo.

350.3.2 Equipos para explotación y manejo de materiales

En caso de que la estabilización incluya materiales transportados, el equipo deberá incluir, también, elementos para su explotación, cargues, transportes, eventual trituración y clasificación.

350.3.3 Equipos para escarificación

Si está prevista la utilización de los materiales existentes en la vía, se deberá contar con elementos apropiados para su escarificación.

350.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

350.4.1 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

350.4.1.1 Diseño de la mezcla

La mezcla de suelo-cemento se diseñará mediante los criterios de durabilidad y resistencia indicados en la Tabla 350 - 5. El contenido mínimo de cemento será aquel que permita cumplir con los parámetros definidos en la tabla citada, pero en ningún caso será inferior a tres por ciento (3 %) de la masa seca del material por estabilizar.

Los valores de referencia asociados al criterio de durabilidad dependen de la clasificación del material por estabilizar según el sistema AASHTO, norma INV E-180.

Tabla 350 - 5. Criterios de diseño para la mezcla de suelo-cemento

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INV	SC-D	SC-R
Durabilidad			
Máxima pérdida de masa de la mezcla compactada en prueba de humedecimiento y secado, %	E-612		
- Suelos A-1; A-2-4; A-2-5; A-3		14	
- Suelos A-2-6; A-2-7; A-4; A-5		10	
- Suelos A-6; A-7		7	
Resistencia			
Comportamiento de la resistencia con:	E-614	Crece	
- Incremento en el contenido de cemento		Crece	
- Incremento en la edad			
Resistencia a la compresión a 7 días, MPa	E-614	(Nota 1)	2.1
- Mínima			(Nota 2)
- Máxima		4.5	4.5

Nota 1. La resistencia mínima será la que se obtenga en la mezcla de diseño que cumpla con el criterio de durabilidad.

Nota 2. Los documentos del proyecto pueden establecer un valor mayor de resistencia a la compresión a 7 días.

350.4.1.2 Fórmula de trabajo

Dentro de la franja granulométrica elegida, el Constructor propondrá al Interventor una “Fórmula de Trabajo” a la cual se deberá ajustar durante la construcción de la capa, con las tolerancias que se indican en la Tabla 350 - 3, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada.

La fórmula de trabajo establecida como resultado del diseño de la mezcla deberá indicar:

- La granulometría del material
- El tipo y la marca de cemento empleado en el diseño
- El tipo y la marca de los aditivos empleados en el diseño
- El contenido óptimo de cemento (CFT %)
- El valor de pérdidas por durabilidad
- El valor de resistencia a la compresión a los 7 días (R_d)
- Los porcentajes óptimos de agua para mezcla y compactación

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se podrá ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación; la fórmula ajustada deberá cumplir con los requisitos establecidos para el diseño de la mezcla.

Si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla o la curva granulométrica incumple las tolerancias que se indican en la Tabla 350 - 3, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

350.4.2 Fase de experimentación

Al comienzo de los trabajos, el Constructor elaborará secciones de ensayo de longitud, ancho y espesor definidos de acuerdo con el Interventor,

donde se probará el equipo y se determinará el método definitivo de trabajo, de manera que se cumplan los requisitos de la presente especificación.

Con base en los resultados que se obtengan a partir de muestras tomadas del suelo-cemento, el Interventor evaluará su conformidad en relación con las condiciones especificadas sobre disgregación, humedad, espesor de la capa, proporción de cemento y demás requisitos exigidos.

En caso que los ensayos indicasen que el suelo-cemento no se ajusta a dichas condiciones, éste deberá ser removido y reemplazado por el Constructor a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías; antes de efectuar el reemplazo, el Constructor deberá hacer las modificaciones necesarias a los equipos y procedimientos de construcción y, si fuese preciso, deberá modificar el diseño.

El proceso se repetirá cuantas veces sea necesario hasta que las secciones de ensayo resulten satisfactorias para el Interventor.

350.4.3 Preparación de la superficie existente

Si el material por estabilizar es totalmente de aporte, antes de construir la capa de suelo-cemento se comprobará que la superficie que va a servir de apoyo tenga la densidad y la planicidad apropiadas, así como las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la especificación respectiva, se deberán corregir de acuerdo con lo indicado en ella, a plena satisfacción del Interventor.

En caso de que la construcción se vaya a realizar únicamente con el material existente en la calzada, éste se deberá escarificar en todo el ancho de la capa que se va a mezclar, hasta una profundidad suficiente para que, una vez compactada, la capa de suelo-cemento alcance el espesor señalado en los planos o indicado por el Interventor.

Si se contempla la adición de un material de aporte para mejorar el existente, ambos se deberán mezclar uniformemente, antes de iniciar la pulverización del material.

En todos los casos en que el proceso involucre el material del lugar, parcial o totalmente, se deberá comprobar que el material que se

encuentre bajo el espesor por estabilizar presente adecuadas condiciones de resistencia y, en caso de no tenerlas, el Interventor ordenará las modificaciones previas que considere necesarias.

En todos los casos deberá estar concluida la construcción de los dispositivos necesarios para el drenaje de la calzada que requieran ser construidos, previamente a la construcción de la capa de suelo-cemento.

350.4.4 Transporte y almacenamiento de suelos y agregados

Cuando la construcción del suelo-cemento incluya suelos o agregados de aporte, éstos se transportarán en vehículos apropiados protegidos con lonas u otros cobertores adecuados, asegurándolos a la carrocería de manera de impedir que parte del material caiga sobre las vías por las cuales transitan los vehículos.

Cuando se requiera almacenar los suelos o agregados, se deberá tener en cuenta lo indicado en el numeral 300.4.3 del Artículo 300.

350.4.5 Mezcla en vía

350.4.5.1 Disgregación del material

Antes de aplicar el cemento, si el material por tratar, sea que haya sido escarificado en el lugar o transportado desde los sitios de origen aprobados por el Interventor, o una mezcla de ambos, presenta grumos o aglomeraciones de partículas, se disgregará con el equipo de construcción aprobado a partir de los resultados de la fase de experimentación en el ancho y espesor suficientes que permitan obtener la sección compactada indicada en los planos u ordenada por el Interventor.

El proceso de disgregación continuará hasta que se logren los requerimientos granulométricos del numeral 350.2.2. La longitud de calzada disgregada no deberá exceder de la que se pueda tratar y compactar de acuerdo con esta especificación en dos (2) días de trabajo, salvo autorización escrita del Interventor.

Una vez disgregado el material, éste se deberá conformar a la sección transversal de la calzada, con el empleo de motoniveladora.

350.4.5.2 Aplicación del cemento

El cemento se podrá aplicar en bolsas o a granel. En cualquier caso, se esparcirá sobre el agregado o suelo disgregado empleando el procedimiento aceptado por el Interventor durante la fase de experimentación, de manera que se esparza la cantidad requerida según el diseño más la cantidad prevista por desperdicios, a todo lo ancho de la capa por estabilizar. Durante la aplicación del cemento, la humedad del material no podrá ser superior a la definida durante el proceso de diseño como adecuada para lograr una mezcla íntima y uniforme del material con el cemento. Sobre el cemento esparcido sólo se permitirá el tránsito del equipo que lo va a mezclar con el material.

350.4.5.3 Mezcla

Inmediatamente después de ser esparcido el cemento, se efectuará la mezcla, empleando el equipo aprobado. El número de pasadas dependerá del equipo utilizado y será el necesario para garantizar la obtención de una mezcla homogénea, según se haya definido en la fase previa de experimentación. En caso de que se requiera, se añadirá el agua faltante y se continuará mezclando hasta que la masa resultante presente completa homogeneidad. La humedad de la mezcla deberá ser la establecida en la fórmula de trabajo, con una tolerancia de más o menos uno por ciento (+/- 1 %).

350.4.6 Mezcla en planta

La mezcla elaborada en la planta aprobada luego de la fase de experimentación, se transportará al sitio en volquetas estancas y cubiertas, aptas para el transporte de concreto, cumpliendo con los requisitos y los procedimientos establecidos en los numerales 500.3.2 y 500.4.6 del Artículo 500.

350.4.7 Extensión y conformación

La mezcla elaborada sobre la vía se extenderá en todo el ancho previsto en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y el grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos

en la fase de experimentación, y se conformará a la sección transversal de la calzada.

Para el caso de mezcla en planta, si los documentos del contrato así lo requieren, se usará una máquina extendidora para estas labores; si no lo requieren, la mezcla se podrá extender y conformar con motoniveladora.

En todo caso, la cantidad de material extendido y conformado deberá ser tal, que el espesor de la capa compactada no resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor de suelo-cemento por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se deberá colocar en dos o más capas, procurándose que el espesor de cada una de ellas sea sensiblemente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm).

El material extendido y conformado deberá mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes. El Interventor no permitirá la colocación de la capa siguiente, antes de verificar y aprobar la compactación de la precedente.

350.4.8 Prefisuración

Cuando los documentos técnicos del proyecto así lo indiquen, se efectuará una prefisuración de las capas de suelo-cemento antes de iniciar su compactación. La necesidad de efectuar la prefisuración dependerá de factores tales como la posición de la capa dentro de la estructura, el tipo de rodadura, la resistencia del material de suelo-cemento y el tipo de medidas que eventualmente contemple el proyecto para evitar o controlar que el desarrollo de fisuras de contracción en la capa de suelo-cemento deteriore la rodadura del pavimento; uno de los criterios para decidir si se requiere la prefisuración puede ser que se superen las resistencias máximas de la mezcla, mencionadas en la Tabla 350 - 5.

La prefisuración consistirá en la ejecución de juntas transversales en fresco, es decir, del material extendido pero sin compactar. El diseño establecerá la distancia a la cual se deben realizar las juntas transversales en fresco; en general, la separación entre juntas estará comprendida entre tres y cuatro metros (3 a 4 m).

Para la ejecución de las juntas transversales en fresco, se utilizarán equipos que efectúen en cada pasada un surco recto que penetre al

menos dos tercios ($2/3$) del espesor de la capa y que, al mismo tiempo, introduzcan en él un producto adecuado para impedir que la junta se cierre de nuevo. Este producto podrá consistir en una emulsión bituminosa de rotura rápida, una cinta de plástico flexible, un perfil ondulado de plástico rígido u otros sistemas que, además de impedir que se cierre de nuevo la junta durante la compactación, permitan la transmisión de cargas entre los dos lados de la junta.

Se emplearán el equipo y el método de ejecución aprobados por el Interventor, cuya eficacia haya sido comprobada después de la realización de la fase de experimentación.

350.4.9 Compactación

La compactación de la mezcla se realizará de acuerdo con el plan propuesto por el Constructor y aprobado por el Interventor durante la fase previa de experimentación.

El proceso de compactación deberá ser tal, que evite la formación de una costra o capa superior delgada, débilmente adherida al resto de la capa de suelo-cemento. En caso de que ella se produzca, deberá ser eliminada hasta obtener una superficie uniforme y compacta.

Los trabajos de compactación deberán ser terminados en un lapso no mayor de dos (2) horas desde el inicio de la mezcla. Las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitan el empleo del equipo de mezcla y compactación aprobado durante la fase de experimentación, se compactarán con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación. Una vez terminada la compactación, la superficie se deberá mantener húmeda hasta que se aplique el riego de curado.

350.4.10 Juntas de trabajo

Las juntas entre trabajos realizados en días sucesivos se deberán cuidar para proteger la capa construida cuando se vaya a esparcir y compactar la adyacente. Al efecto, al término de la jornada de trabajo se formará una junta transversal perpendicular al eje de la calzada, haciendo un corte vertical en el material compactado.

Si la capa de suelo-cemento no se construye en todo el ancho de la calzada sino por franjas, se deberán disponer también, mediante un

procedimiento aceptable para el Interventor, juntas longitudinales en corte vertical y paralelas al eje longitudinal de la calzada.

350.4.11 Curado de la capa compactada

Terminada la compactación de la capa de suelo-cemento, ésta se deberá proteger contra pérdidas de humedad por un período no menor de siete (7) días, mediante la aplicación de una película bituminosa con emulsión de rotura rápida tipo CRR-1, conforme se establece en el Artículo 422, “Riego de curado”.

Si la aplicación del riego de curado no se hace inmediatamente después de terminada la compactación, deberá mantenerse la humedad de la superficie mediante riego frecuente de agua por aspersión.

En el momento de aplicar el riego, que en ningún caso puede ser después de veinticuatro (24) horas después de terminada la compactación, la superficie de la capa de suelo-cemento deberá presentar un aspecto denso y homogéneo y contener la humedad suficiente que permita el curado.

350.4.12 Apertura al tránsito

La capa de suelo-cemento sólo se podrá abrir al tránsito público y al de los equipos de construcción a los siete (7) días de su compactación. La apertura será inicialmente durante un tiempo corto que permita verificar el comportamiento de la capa compactada y localizar las áreas que deban ser objeto de corrección. Como resultado de lo observado en esta apertura parcial, el Interventor definirá el instante de apertura definitiva de la capa compactada, al tránsito público.

350.4.13 Limitaciones en la ejecución

Las estabilizaciones con cemento sólo se podrán llevar a cabo cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea superior a cinco grados Celsius (5° C) y cuando no haya lluvia o temores fundados de que ella se produzca. En caso de que la mezcla sin compactar sea afectada por agua lluvia y como resultado de ello la humedad de la mezcla supere la tolerancia mencionada en el numeral 350.4.5.3 de esta especificación, el Constructor deberá retirar la mezcla afectada y reconstruir el sector deteriorado a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Los trabajos se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

350.4.14 Manejo ambiental

Se aplicará lo pertinente del numeral 300.4.8 del Artículo 300, “Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases granulares y bases granulares y estabilizadas”.

350.4.15 Conservación de la capa terminada

El Constructor deberá conservar la capa suelo-cemento en perfectas condiciones, hasta que se construya la capa superior prevista en los documentos del proyecto. Todo daño que se presente deberá corregirlo a plena satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

350.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

350.5.1 Controles

En adición a lo indicado en el numeral 300.5.1 del Artículo 300, se deberán efectuar ensayos de control de la mezcla y, una vez compactada, de densidad, espesor y planicidad de la capa terminada

350.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

350.5.2.1 Calidad de los materiales

350.5.2.1.1 Calidad de suelos o agregados por estabilizar

De cada fuente de suelos y agregados por utilizar en la producción de la capa de suelo-cemento y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4)

muestras y se ejecutarán los ensayos que permitan verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en el numeral 350.2.2.

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se ordenará el retiro de los suelos y agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. Además, se efectuarán las verificaciones periódicas indicadas en la Tabla 350 - 6.

El Interventor podrá adelantar las pruebas adicionales que le permitan tener certeza de la calidad del material por estabilizar, de acuerdo con las exigencias de la presente especificación.

Tabla 350 - 6. Verificaciones periódicas sobre el material por estabilizar

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Limpieza (F)		
Límite líquido	E-125	1 por jornada
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	1 por jornada
Contenido de materia orgánica	E-121	1 a la semana

El Interventor podrá reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 350 - 6, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

Cuando el Interventor considere que las características del material que está siendo explotado en una fuente han cambiado, se deberán repetir todos los ensayos especificados en la Tabla 350 - 2 y adoptar los correctivos que sean necesarios. No se permitirá el empleo de materiales

que no satisfagan los requisitos de calidad indicados en el numeral 350.2.2.

En la eventualidad de que el resultado de alguna prueba sea insatisfactorio, se tomarán dos (2) muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

350.5.2.1.2 Calidad del cemento

Cada vez que el Interventor lo considere necesario, se efectuarán los ensayos de control que permitan verificar la calidad del cemento.

Por ningún motivo se permitirá el empleo del cemento endurecido o cuya fecha de vencimiento haya sido superada.

350.5.2.1.3 Calidad del agua

Siempre que tenga alguna sospecha sobre la calidad del agua empleada, se verificarán su pH y su contenido de sulfatos.

350.5.2.1.4 Calidad de los aditivos y productos de curado

El Constructor deberá presentar certificaciones periódicas de los fabricantes o de los proveedores de estos productos, que brinden garantía en cuanto a la calidad y a la conveniencia de su utilización, para la revisión y eventual autorización de uso por parte del Interventor.

350.5.2.2 Calidad de la mezcla

350.5.2.2.1 Contenido de cemento

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 350.5.2.3, se determinará el

contenido de cemento (norma de ensayo INV E-617). Cada muestra se tomará en un solo sitio de la capa extendida, abarcando todo su espesor, inmediatamente antes de iniciar la compactación.

El porcentaje de cemento promedio de las tres muestras que representan al lote, (CPL %), tendrá una tolerancia de tres por mil (0.3 %), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (CFT %).

$$\text{CFT \%} - 0.3 \% \leq \text{CPL \%} \leq \text{CFT \%} + 0.3 \% \quad [350.1]$$

A su vez, el porcentaje de cemento de cada muestra individual (CI %), no podrá diferir del valor promedio del lote (CPL %), en más de medio por ciento (0.5 %), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$\text{CPL \%} - 0.5 \% \leq \text{CI \%} \leq \text{CPL \%} + 0.5 \% \quad [350.2]$$

Un porcentaje de cemento promedio (CPL %) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso de cemento, el Constructor demuestre que no habrá problemas de comportamiento de la capa de suelo-cemento.

Si el lote es rechazado, el Constructor deberá levantar la capa y reponerla a satisfacción plena del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material removido será de propiedad del Constructor.

350.5.2.2.2 Resistencia

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada en la obra se moldearán probetas (dos por muestra) según la norma de ensayo INV E-611, para verificar en el laboratorio su resistencia a

compresión simple luego de siete (7) días de curado, de conformidad con un procedimiento similar al realizado durante el diseño de la mezcla. Cada muestra se tomará en un solo sitio de la capa extendida y conformada inmediatamente antes de iniciar la compactación, abarcando todo su espesor.

La resistencia media de las cuatro (4) o más probetas que representan al lote (R_m), deberá ser igual o superior al noventa y dos por ciento (92 %) de la resistencia correspondiente al diseño presentado por el Constructor (R_d) y aprobado por el Interventor, conforme se describe en el numeral 350.4.1.

$$R_m \geq 0.92 R_d \quad [350.3]$$

A su vez, la resistencia de cada probeta (R_i) deberá ser igual o mayor al noventa por ciento (90 %) del valor medio, (R_m).

$$R_i \geq 0.90 R_d \quad [350.4]$$

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se rechazará el lote al cual representan las muestras. Si el lote es rechazado, el Constructor deberá levantar la capa y reponerla a satisfacción plena del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material removido será de propiedad del Constructor.

350.5.2.3 Calidad de la capa terminada

Para efectos del control, se considerará como "lote" que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500 m) de capa de suelo-cemento.

- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de capa de suelo-cemento.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y deberá estar ajustada a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se está construyendo, excluyendo sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Interventor. La cota de cualquier punto de la capa compactada, no deberá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además, se deberán realizar los siguientes controles:

350.5.2.3.1 Compactación

Los sitios para la determinación de la densidad de la capa se elegirán al azar, según la norma de ensayo INV E-730 "Selección al azar de sitios para la toma de muestras", pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro. Se deberán efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de una capa de suelo-cemento, se deberá calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de compactación en el laboratorio, mediante la siguiente expresión:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,m\acute{a}x}} \times 100 \quad [350.5]$$

Siendo:

GC_i: Valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

γ_{d,i}: Valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por

cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164, sin efectuar corrección de ella por presencia de sobretamaños, de manera que corresponda a la muestra total;

$\gamma_{d,m\acute{a}x}$: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-611 “Relaciones humedad-densidad de mezclas de suelo-cemento”, realizado sobre una muestra representativa del mismo.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, se aplicarán los siguientes criterios para la aceptación del lote:

$GC_i(90) \geq 98.0 \%$	se acepta el lote	[350.6]
$GC_i(90) < 98.0 \%$	se rechaza el lote	[350.7]

Siendo:

$GC_i(90)$: Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90%, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del Artículo 107, “Control y aceptación de los trabajos”, a partir de los valores individuales del grado de compactación GC_i .

Las verificaciones de compactación se deberán efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Si el lote es rechazado, el Constructor deberá remover la capa y reponerla a satisfacción plena del

Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material removido será de propiedad del Constructor.

350.5.2.3.2 Espesor

Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, el Interventor determinará el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no podrá ser inferior al de diseño (e_d).

$e_m \geq e_d$	[350.8]
----------------	---------

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, cuando menos, igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d), admitiéndose sólo un valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando este valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$e_i \geq 0.90 e_d$	[350.9]
---------------------	---------

Si se incumple alguno de estos requisitos, se rechazará el lote, En este caso, el Constructor deberá remover la capa y reponerla a satisfacción plena del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material removido será de propiedad del Constructor.

350.5.2.3.3 Planicidad

La superficie acabada no podrá presentar, en ningún punto, zonas de acumulación de agua ni irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm), cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793; la regla se colocará tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que

escoja el Interventor, los cuales no podrán estar afectados por cambios de pendiente.

Todas las áreas de la capa de suelo-cemento donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deberán ser corregidas por el Constructor de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

350.6 MEDIDA

El suelo-cemento se medirá según lo descrito en el numeral 300.6.1 del Artículo 300.

Si los documentos del proyecto indican que suministro del cemento hidráulico se paga por aparte, la unidad de medida de éste será el kilogramo (kg), aproximado al kilogramo completo, incorporado en la mezcla, debidamente aceptada por el Interventor. En este caso, para determinar la cantidad de cemento hidráulico efectivamente incorporado a la mezcla, se tomará el porcentaje de cemento promedio del lote (CPL), determinado en los ensayos de contenido de cemento realizados a la mezcla como se indica en el numeral 350.5.2.2.1, se efectuará el cálculo correspondiente y se aproximará al kilogramo completo.

350.7 FORMA DE PAGO

El suelo-cemento se pagará según lo establecido en el numeral 300.7 del Artículo 300.

El precio unitario debe incluir, además, el costo de la ejecución de la prefisuración mencionada en el numeral 350.4.8, incluyendo el suministro y la aplicación o instalación del producto que impida que las juntas se cierren de nuevo.

Si los documentos del proyecto especifican otro tipo de medidas para evitar o controlar el reflejo de fisuras, como instalación de geosintéticos o construcción de capas asfálticas de mezcla abierta, éstas se pagarán según el ítem correspondiente del contrato.

350.8 ÍTEM DE PAGO

Alternativa I: el precio unitario del suelo-cemento incluye el suministro del cemento

350.1 Suelo-cemento clase SC-D, gradación tipo A (incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m ³)
350.2 Suelo-cemento clase SC-D, gradación tipo B (incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m ³)
350.3 Suelo-cemento clase SC-R, gradación tipo A (incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m ³)
350.4 Suelo-cemento clase SC-R, gradación tipo B (incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m ³)

Alternativa II: el precio unitario del suelo-cemento no incluye el suministro del cemento

350.10 Suelo-cemento clase SC-D, gradación tipo A (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m ³)
350.11 Suelo-cemento clase SC-D, gradación tipo B (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m ³)
350.12 Suelo-cemento clase SC-R, gradación tipo A (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m ³)
350.13 Suelo-cemento clase SC-R, gradación tipo B (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m ³)
350.14 Cemento hidráulico para suelo-cemento	Kilogramo (kg)

BASE TRATADA CON CEMENTO**ARTÍCULO 351 – 13****351.1 DESCRIPCIÓN**

Este trabajo consiste en la construcción de una capa de base tratada con cemento, constituida por una mezcla uniforme de agregados pétreos, cemento hidráulico, agua y eventualmente aditivos, de acuerdo con las dimensiones, alineamientos y secciones indicados en los documentos del proyecto o determinados por el Interventor.

351.2 MATERIALES**351.2.1 Clases de agregados para base tratada con cemento**

Se definen dos clases de agregados para base tratada con cemento en función de su calidad (clases A y B), como se indica en la Tabla 351 - 2. Los documentos del proyecto definirán la clase de agregado por utilizar en el proyecto; así mismo, definirán el tipo de granulometría por emplear.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, las clases de agregado se usarán como se indica en la Tabla 351 - 1, en función del nivel de tránsito del proyecto.

Tabla 351 - 1. Uso típico de las diferentes clases de agregado para base tratada con cemento

CLASE DE AGREGADO PARA BASE TRATADA CON CEMENTO	NIVEL DE TRÁNSITO
Clase B	NT2
Clase A	NT3

351.2.2 Requisitos de calidad de los agregados

Los agregados deberán estar libres de materia orgánica u otra sustancia que pueda perjudicar el correcto fraguado del cemento. También, deberán cumplir los requisitos generales que se indican en la Tabla 351 - 2, y se deberán ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la Tabla 351 - 3.

Tabla 351 - 2. Requisitos de los agregados para base de tratada con cemento

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INV	CLASE DE AGREGADO	
		CLASE B	CLASE A
Dureza (O)			
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%)	E-218		
- 500 revoluciones		40	35
- 100 revoluciones		8	7
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	30	25
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos	E-224		
- Valor en seco, mínimo (kN)		70	90
- Relación húmedo/seco, mínimo (%)		75	75
Durabilidad (O)			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%)	E-220		
- Sulfato de sodio		12	12
- Sulfato de magnesio		18	18
Limpieza (F)			
Límite líquido, máximo (%)	E-125	-	-
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	0	0
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	30	30
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 1)	E-235	10	10
Contenido de materia orgánica, máximo (%)	E-121	1	1
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	2	2
Geometría de las partículas (F)			
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%)	E-230	-	35
Caras fracturadas (una cara), mínimo (%)	E-227	50	60
Resistencia del material (F)			
CBR para una compactación del 95 % del ensayo modificado de compactación (norma INV E-142), medido en una muestra sometida a cuatro días de inmersión, mínimo (%).	E-148	60	80
Características químicas (O)			
Proporción de sulfatos del material combinado, expresado como SO_4^{2-} , máximo (%)	E-233	0.5	
Reactividad álcali - agregado: Concentración SiO_2 y reducción de alcalinidad R	E-234	$\text{SiO}_2 \leq R$ cuando $R \geq 70$ $\text{SiO}_2 \leq 35 + 0.5R$ cuando $R < 70$	

Nota 1: El ensayo de valor de azul de metileno solo será exigido cuando el equivalente de arena del material sea inferior a treinta (30), pero igual o superior a veinticinco (25).

Tabla 351 - 3. Requisitos granulométricos del agregado para base tratada con cemento

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	1 ½"	1"	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
	% PASA							
BTC-38	100	70-100	60-90	45-75	30-60	20-45	10-30	2-15
BTC-25	-	100	70-100	50-80	35-65	25-50	15-30	2-15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	6 %			3 %			1.5 %

351.2.3 Cemento

El cemento para la base tratada con cemento deberá ser cemento hidráulico de uso general, el cual deberá cumplir lo especificado en el Artículo 501, "Suministro de cemento hidráulico".

No se permitirá el empleo de cemento que haya fraguado parcialmente o que contenga terrones del producto endurecido. Tampoco se permitirá el empleo de cemento extraído de bolsas usadas en jornadas anteriores.

351.2.4 Agua

El agua que se requiera para la base tratada con cemento deberá ser limpia y deberá estar libre de materia orgánica, álcalis y otras sustancias perjudiciales. Puede ser agua potable; si no lo es, deberá cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 351 - 4.

Tabla 351 - 4. Requisitos del agua no potable para base tratada con cemento

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO ASTM	REQUISITO
pH	D 1293	5.5 - 8.0
Contenido de sulfatos, expresado como $\text{SO}_4^{=}$, g/l máximo	D 516	1.0

351.2.5 Aditivos

Los documentos del proyecto pueden establecer el uso de aditivos para obtener la trabajabilidad adecuada o mejorar las características de la mezcla.

Así mismo, el Constructor puede poner a consideración del Interventor el empleo de aditivos con los mismos propósitos; en particular, el empleo de retardadores de fraguado para extender el tiempo de trabajo de las mezclas.

En todos los casos, los aditivos que se empleen deberán cumplir los requerimientos de la especificación ASTM C 494; además, el Constructor deberá realizar los ensayos que demuestren que los aditivos cumplen su función prevista con los materiales y dosificaciones previstos en la fórmula de trabajo.

351.3 EQUIPO

Básicamente, el equipo estará constituido por equipos para la elaboración de la mezcla (planta de mezcla o máquina estabilizadora), motoniveladora, compactadores metálico vibratorio y de llantas, carrotanques para aplicar agua y el material de curado de la capa compactada, equipo para la formación de las juntas, elementos de transporte y herramientas menores.

Si los documentos técnicos del proyecto así lo indican, la extensión de la mezcla elaborada en planta se deberá hacer con una máquina extendedora autopropulsada.

351.3.1 Equipo para la elaboración de la mezcla de base tratada con cemento

Los documentos del contrato definirán el tipo de equipo para elaborar la base tratada con cemento, dentro de las siguientes opciones: planta de mezcla y máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio. La máquina estabilizadora debe ser de paso sencillo, es decir, capaz de producir una mezcla homogénea en una sola pasada.

Si los documentos del proyecto no definen el equipo, se dará por definido el uso de una máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio. Si exigen la preparación de la mezcla en una planta, ellos deberán establecer en detalle las características de la planta y el procedimiento para la ejecución de la mezcla de base tratada con cemento; si no lo establecen,

se aplicarán las características de la planta y los procedimientos descritos en el Artículo 500, “Pavimento de concreto hidráulico”.

En cualquier caso, el equipo para la mezcla que suministre el Constructor deberá ser capaz de lograr una completa homogenización de los componentes, dentro de las tolerancias establecidas en este Artículo.

351.3.2 Equipos para explotación y el manejo de materiales

El equipo deberá incluir, también, elementos para la explotación de los agregados, el cargue, el transporte, la clasificación y la trituración, cuando ella se requiera.

351.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

351.4.1 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

351.4.1.1 Energía de referencia para la compactación

La energía de referencia para la compactación en la construcción de las capas de base tratada con cemento será establecida en los documentos técnicos del proyecto, en función del tipo de material granular por estabilizar, del nivel de tránsito, del tipo de pavimento y de la capacidad de soporte de la subrasante.

Todas las probetas necesarias para evaluar las propiedades de la mezcla se elaborarán con la humedad óptima y el peso unitario seco máximo correspondientes a dicha energía de referencia, según los criterios de la Tabla 351 - 5; así mismo, los controles de compactación se efectuarán comparando los resultados de los ensayos de densidad en el terreno contra los resultados del ensayo de compactación en el laboratorio efectuado con esa energía.

Si los documentos técnicos del proyecto no indican otra cosa, la energía de referencia para la compactación será la correspondiente al ensayo modificado de compactación, norma de ensayo INV E-142.

351.4.1.2 Diseño de la mezcla

La mezcla de base tratada con cemento se diseñará mediante los criterios de resistencia a la compresión indicados en la Tabla 351 - 6. El contenido mínimo de cemento será aquel que permita cumplir con los parámetros definidos en la tabla citada, pero en ningún caso será inferior a cuatro por ciento (4 %) de la masa seca del material por estabilizar.

Tabla 351 - 5. Procedimiento la preparación de probetas en mezclas base tratada con cemento

CARACTERÍSTICA	DENSIDAD MÁXIMA DE REFERENCIA	
	ENERGÍA DE COMPACTACIÓN NORMAL	ENERGÍA DE COMPACTACIÓN MODIFICADA
Ensayo de referencia para la energía de compactación	INV E-141	INV E-142
Determinación del peso unitario seco máximo y preparación de probetas para prueba de compresión	INV E-611 ajustado - Molde: 3243 cm ³ - Masa martillo: 4.536 kg - Caída martillo: 457 mm - No. capas: 7 - Golpes/capa: 13	INV E-611 ajustado - Molde: 3243 cm ³ - Masa martillo: 4.536 kg - Caída martillo: 457 mm - No. capas: 7 - Golpes/capa: 61

Nota 1: el ajuste en la norma INV E-611 se refiere al cambio del molde, el martillo, el número de capas y el número de golpes por capa.

Nota 2: el molde de 3243 cm³ corresponde al del ensayo de CBR (norma de ensayo INV E-148) sin el disco espaciador o falso fondo: sus dimensiones son: 152,4 mm ± 0.66 mm (6 ± 0.026") de diámetro interior y 177,8 ± 0.46 mm (7 ± 0.018") de altura. Se deberá usar con una base sin perforaciones, como la que se emplea para la realización del ensayo de compactación modificado, norma de ensayo INV E-142, método C.

Nota 3: para la preparación de las probetas se tendrá en cuenta lo siguiente: si todo el material pasa el tamiz de 19 mm (¾"), se deberá usar la gradación entera, sin modificación, para fabricar los especímenes para ensayo. Si hay partículas retenidas en dicho tamiz, ellas se deberán remover y reemplazar por una cantidad igual, en masa, de material que pase el tamiz de 19 mm (¾") y quede retenido en el tamiz de 4.75 mm (No. 4), obtenido de porciones de la muestra total que no se van a usar para el ensayo

Tabla 351 - 6. Criterios de diseño para la mezcla de base tratada con cemento

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE RESISTENCIA	
		R 3.5	R 5.2
Resistencia			
Comportamiento de la resistencia con: - Incremento en el contenido de cemento - Incremento en la edad	E-614 ajustado	Crece Crece	
Resistencia a la compresión a 7 días, MPa - Mínima - Máxima	E-614 ajustado	3.5 7.0	5.2 7.0

Nota 1: el ajuste en la norma de ensayo INV E-614 se refiere a la modificación de las dimensiones de las probetas, las cuales serán elaboradas según las indicaciones de la Tabla 351 - 5.

Los documentos del proyecto definirán el nivel de resistencia por emplear para la base tratada con cemento del proyecto; podrán también definir un nivel de resistencia diferente a los indicados en la Tabla 351 - 6.

351.4.1.3 Fórmula de trabajo

Dentro de la franja granulométrica elegida, el Constructor propondrá al Interventor una “Fórmula de trabajo” a la cual se deberá ajustar durante la construcción de la capa, con las tolerancias que se indican en la Tabla 351 - 3, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada.

La fórmula de trabajo establecida como resultado del diseño de la mezcla deberá indicar:

- La granulometría del agregado
- El tipo y la marca de cemento empleado en el diseño
- El contenido óptimo de cemento (CFT %)
- El valor de resistencia a compresión a los 7 días (R_d)

- Los porcentajes óptimos de agua para mezcla y compactación
- El tipo y la dosificación de los aditivos por emplear, si se requieren

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se podrá ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación; la fórmula ajustada deberá cumplir con los requisitos establecidos para el diseño de la mezcla.

Si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla o la curva granulométrica incumple las tolerancias que se indican en la Tabla 351 - 3, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

351.4.2 Fase de experimentación

Al comienzo de los trabajos, el Constructor elaborará secciones de ensayo de longitud, ancho y espesor definidos de acuerdo con el Interventor, donde se probará el equipo y se determinará el método definitivo de trabajo, de manera que se cumplan los requisitos de la presente especificación.

Con base en los resultados que se obtengan a partir de muestras tomadas de la base tratada con cemento, el Interventor evaluará su conformidad en relación con las condiciones especificadas sobre humedad, espesor de la capa, proporción de cemento y demás requisitos exigidos.

En caso que los ensayos indicasen que la base tratada con cemento no se ajusta a dichas condiciones, deberá ser removida y reemplazada por el Constructor a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías; antes de efectuar el reemplazo, el Constructor deberá hacer las modificaciones necesarias a los equipos y procedimientos de construcción y, si fuese preciso, modificar el diseño.

El proceso se repetirá cuantas veces sea necesario hasta que las secciones de ensayo resulten satisfactorias para el Interventor.

351.4.3 Preparación de la superficie existente

El Interventor sólo autorizará la colocación de material de base tratada con cemento cuando la superficie sobre la cual se debe asentar tenga la compactación apropiada y las cotas y secciones indicadas en los planos o definidas por él, con las tolerancias establecidas. Además, deberá estar concluida la construcción de las cunetas, desagües y filtros necesarios para el drenaje de la calzada.

Si en la superficie de apoyo existen irregularidades que excedan las tolerancias determinadas en la especificación de la capa de la cual forma parte, de acuerdo con lo que se prescribe en la unidad de obra correspondiente, el Constructor hará las correcciones necesarias, a satisfacción del Interventor.

351.4.4 Transporte y almacenamiento de agregados

Los agregados se transportarán en vehículos apropiados protegidos con lonas u otros cobertores adecuados, asegurándolos a la carrocería de manera de impedir que parte del material caiga sobre las vías por las cuales transitan los vehículos.

Cuando se requiera almacenar los agregados, se deberá tener en cuenta lo indicado en el numeral 300.4.3 del Artículo 300.

351.4.5 Elaboración de la mezcla**351.4.5.1 Mezcla en planta**

Si los documentos del proyecto exigen la preparación de la mezcla en una planta, en ellos se deberá establecer en detalle el procedimiento para la ejecución de los trabajos; si no lo establecen, se aplicarán los procedimientos para la elaboración y transporte de la mezcla descritos en el Artículo 500, "Pavimento de concreto hidráulico".

La mezcla elaborada en la planta se transportará al sitio en volquetas estancas y cubiertas, aptas para el transporte de concreto, cumpliendo con los requisitos y los procedimientos establecidos en los numerales 500.3.2 y 500.4.6 del Artículo 500.

351.4.5.2 Mezcla en vía**351.4.5.2.1 Conformación inicial de los agregados**

Los agregados sin cemento se deberán conformar a la sección transversal mostrada en los planos, mediante el empleo de motoniveladora.

351.4.5.2.2 Aplicación del cemento

El cemento se podrá aplicar en bolsas o a granel. En cualquier caso, se esparcirá sobre el agregado empleando el procedimiento aceptado por el Interventor durante la fase de experimentación, de manera que se esparza la cantidad requerida según el diseño más la cantidad prevista por desperdicios, a todo lo ancho de la capa de base tratada con cemento. Durante la aplicación del cemento, la humedad del material no podrá ser superior a la definida durante el proceso de diseño como adecuada para lograr una mezcla íntima y uniforme del material con el cemento. Sobre el cemento esparcido sólo se permitirá el tránsito del equipo que lo va a mezclar con el material.

351.4.5.2.3 Mezcla

Inmediatamente después de ser esparcido el cemento, se efectuará la mezcla, empleando el equipo aprobado, hasta obtener de una mezcla homogénea. La humedad de la mezcla deberá ser la establecida en la fórmula de trabajo, con una tolerancia de más o menos uno por ciento (+/- 1 %).

351.4.6 Extensión y conformación

La mezcla elaborada vía se extenderá en todo el ancho previsto en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de experimentación, y se conformará a la sección transversal de la calzada.

Si los documentos técnicos del proyecto así lo indican, la extensión y la conformación de la mezcla elaborada en planta se deberá hacer con una

máquina extendedora autopropulsada. En caso contrario, la operación se realizará con motoniveladora.

En cualquier caso, la cantidad de material extendido y conformado deberá ser tal, que el espesor de la capa compactada no resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor de la base tratada con cemento por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se deberá colocar en dos o más capas, procurándose que el espesor de cada una de ellas sea sensiblemente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm).

El material extendido y conformado deberá mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes. El Interventor no permitirá la colocación de la capa siguiente, antes de verificar y aprobar la compactación de la precedente.

351.4.7 Prefisuración

Cuando los documentos técnicos del proyecto así lo indiquen, se efectuará una prefisuración de las capas de base tratada con cemento antes de iniciar su compactación. La necesidad de efectuar la prefisuración dependerá de factores tales como el tipo de rodadura, la resistencia del material tratado con cemento y el tipo de medidas que eventualmente contemple el proyecto para evitar o controlar que el desarrollo de fisuras de contracción en la base tratada con cemento deteriore el pavimento; uno de los criterios para decidir si se requiere la prefisuración puede ser que se superen las resistencias máximas de la mezcla mencionadas en la Tabla 351 - 6.

La prefisuración consistirá en la ejecución de juntas transversales en fresco, es decir, del material extendido pero sin compactar. El diseño establecerá la distancia a la cual se deben realizar las juntas transversales en fresco; en general, la separación entre juntas estará comprendida entre tres y cuatro metros (3 a 4 m).

Para la ejecución de las juntas transversales en fresco, se utilizarán equipos que efectúen en cada pasada un surco recto que penetre al menos dos tercios (2/3) del espesor de la capa y que, al mismo tiempo, introduzca en él un producto adecuado para impedir que la junta se cierre de nuevo. Este producto podrá consistir en una emulsión bituminosa de rotura rápida, una cinta de plástico flexible, un perfil ondulado de plástico rígido u otros sistemas que además de impedir que se cierre de nuevo la

junta durante la compactación, permitan la transmisión de cargas entre los dos lados de la junta.

Se emplearán el equipo y el método de ejecución aprobados por el Interventor, cuya eficacia haya sido comprobada después de la realización de la fase de experimentación.

351.4.8 Compactación

La compactación de la mezcla se realizará de acuerdo con el plan propuesto por el Constructor y aprobado por el Interventor durante la fase previa de experimentación.

El proceso de compactación deberá ser tal que evite la formación de una costra o capa superior delgada, débilmente adherida al resto de la capa de base tratada con cemento. En caso de que ella se produzca, deberá ser eliminada hasta obtener una superficie uniforme y compacta.

Los trabajos de compactación deberán ser terminados en un lapso no mayor de dos (2) horas desde el inicio de la mezcla. Las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitan el empleo del equipo de mezcla y compactación aprobado durante la fase de experimentación, se compactarán con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación. Una vez terminada la compactación, la superficie se deberá mantener húmeda hasta que se aplique el riego de curado o hasta que se construya la capa superior.

Cuando la base tratada con cemento se deba construir en varias capas, las operaciones se deberán adelantar de tal forma que se pueda completar el espesor total de base tratada con cemento en un tiempo no mayor que 2 horas; si se usan aditivos retardadores, este tiempo se puede extender según se defina en la fase de experimentación. Alternativamente, la superficie de la capa inferior de base tratada con cemento se deberá mantener húmeda en forma permanente mediante riego por aspersión hasta la colocación de la capa superior, la cual deberá ser extendida y compactada en un lapso de tiempo no mayor a 7 días después de terminada la capa inferior.

351.4.9 Juntas de trabajo

Las juntas entre trabajos realizados en días sucesivos se deberán cuidar para proteger la capa construida cuando se vaya a esparcir y compactar la adyacente. Para ello, al término de la jornada de trabajo se formará una junta transversal perpendicular al eje de la calzada, haciendo un corte vertical en el material compactado.

Si la capa de base tratada con cemento no se construye en todo el ancho de la calzada sino por franjas, se deberán disponer también, mediante un procedimiento aceptable para el Interventor, juntas longitudinales en corte vertical y paralelas al eje longitudinal de la calzada.

351.4.10 Curado de la capa compactada

Terminada la compactación de la capa de base tratada con cemento, ésta se deberá proteger contra pérdidas de humedad por un período no menor de siete (7) días, mediante la aplicación de una película bituminosa con emulsión de rotura rápida tipo CRR-1, conforme se establece en el Artículo 422, “Riego de curado”.

Si la aplicación del riego de curado no se hace inmediatamente después de terminada la compactación, se deberá mantener la humedad de la superficie mediante riego por aspersión.

Cuando la base tratada con cemento se deba construir en varias capas, no se aplicará el riego de curado sobre la superficie de la capa inferior de base tratada con cemento, sino que ésta se deberá mantener húmeda en forma permanente mediante riego por aspersión hasta la colocación de la capa superior.

En el momento de aplicar el riego, que en ningún caso puede ser después de veinticuatro (24) horas después de terminada la compactación, la superficie de la capa de base tratada con cemento deberá presentar un aspecto denso y homogéneo y contener la humedad suficiente que permita el curado.

351.4.11 Apertura al tránsito

La capa de base tratada con cemento sólo se podrá abrir al tránsito público y al de los equipos de construcción a los siete (7) días de su compactación. La apertura será inicialmente durante un tiempo corto que permita verificar el comportamiento de la capa compactada y localizar las

áreas que deban ser objeto de corrección. Como resultado de lo observado en esta apertura parcial, el Interventor definirá el instante de apertura definitiva de la capa compactada, al tránsito público.

351.4.12 Limitaciones en la ejecución

La construcción de la base tratada con cemento sólo se podrá llevar a cabo cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea superior a cinco grados Celsius (5° C) y cuando no haya lluvia o temores fundados de que ella se produzca. En caso de que la mezcla sin compactar sea afectada por agua lluvia y como resultado de ello la humedad de la mezcla supere a la establecida en la fórmula de trabajo en más de uno por ciento (1 %), el Constructor deberá retirar la mezcla afectada y reconstruir el sector deteriorado a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Los trabajos se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

351.4.13 Manejo ambiental

Se aplicará lo pertinente del numeral 300.4.8 del Artículo 300, "Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases granulares y bases granulares y estabilizadas".

351.4.14 Conservación de la capa terminada

El Constructor deberá conservar la capa de base tratada con cemento en perfectas condiciones, hasta que se construya la capa superior prevista en los documentos del proyecto. Todo daño que se presente deberá corregirlo a plena satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

351.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

351.5.1 Controles

En adición a lo indicado en el numeral 300.5.1 del Artículo 300, se deberán efectuar ensayos de control de la mezcla y, una vez compactada, de densidad, espesor y planicidad de la capa terminada.

351.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

351.5.2.1 Calidad de los materiales

351.5.2.1.1 Calidad los agregados

De cada fuente de agregados por utilizar en la producción de la base tratada con cemento y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y se ejecutarán los ensayos que permitan verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en el numeral 351.2.2.

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. Además, se efectuarán las verificaciones periódicas indicadas en la Tabla 351 - 7.

El Interventor podrá adelantar las pruebas adicionales que le permitan tener certeza de la calidad de los agregados, de acuerdo con las exigencias de la presente especificación.

Tabla 351 - 7. Verificaciones periódicas sobre los agregados para base tratada con cemento

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Limpieza (F)		
Límite líquido	E-125	1 por jornada
Índice de plasticidad	E-125 y 126	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana
Valor de azul de metileno (si aplica)	E-235	1 por semana
Contenido de materia orgánica	E-121	1 por semana
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales	E-211	1 por semana
Geometría de las partículas (F)		
Índices de alargamiento y aplanamiento	E-230	1 por semana
Caras fracturadas	E-227	1 por jornada
Resistencia del material (F)		
CBR	E-148	1 por mes

El Interventor podrá reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 351 - 7, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

Cuando el Interventor considere que las características del material que está siendo explotado en una fuente han cambiado, se deberán repetir todos los ensayos especificados en la Tabla 351 - 2 y adoptar los correctivos que sean necesarios.

En la eventualidad de que el resultado de alguna prueba sea insatisfactorio, se tomarán dos (2) muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

No se permitirá el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos de calidad indicados en el numeral 351.2.

351.5.2.1.2 Calidad del cemento

Cada vez que el Interventor lo considere necesario, se efectuarán los ensayos de control que permitan verificar la calidad del cemento.

Por ningún motivo se permitirá el empleo del cemento endurecido o cuya fecha de vencimiento haya sido superada.

351.5.2.1.3 Calidad del agua

Siempre que tenga alguna sospecha sobre la calidad del agua empleada, se verificarán su pH y su contenido de sulfatos.

351.5.2.1.4 Calidad de los aditivos y productos de curado

El Constructor deberá presentar certificaciones periódicas de los fabricantes o de los proveedores de estos productos, que brinden garantía en cuanto a la calidad y a la conveniencia de su utilización, para la revisión y eventual autorización de uso por parte del Interventor.

351.5.2.2 Calidad de la mezcla

351.5.2.2.1 Contenido de cemento

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 351.5.2.3, se determinará el contenido de cemento (norma de ensayo INV E-617). Cada muestra se tomará en un solo sitio de la capa extendida y conformada inmediatamente antes de iniciar la compactación, abarcando todo su espesor.

El porcentaje de cemento promedio de las tres muestras que representan al lote, (CPL %), tendrá

una tolerancia de tres por mil (0.3 %), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (CFT %).

$$\text{CFT \%} - 0.3 \% \leq \text{CPL \%} \leq \text{CFT \%} + 0.3 \% \quad [351.1]$$

A su vez, el porcentaje de cemento de cada muestra individual (CI %), no podrá diferir del valor promedio del lote (CPL %), en más de medio por ciento (0.5 %), admitiéndose un (1) solo valor por fuera de ese intervalo.

$$\text{CPL \%} - 0.5 \% \leq \text{CI \%} \leq \text{CPL \%} + 0.5 \% \quad [351.2]$$

Un porcentaje de cemento promedio (CPL %) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso de cemento, el Constructor demuestre que no habrá problemas de comportamiento de la capa de base tratada con cemento.

Si el lote es rechazado, el Constructor deberá levantar la capa y reponerla a satisfacción plena del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material removido será de propiedad del Constructor.

351.5.2.2.2 Resistencia

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada en la obra se moldearán probetas (dos por muestra) según los criterios de la Tabla 351 - 5, para verificar en el laboratorio su resistencia a compresión simple luego de siete (7) días de curado, de conformidad con un procedimiento similar al realizado durante el diseño de la mezcla. Cada muestra se tomará en un solo sitio de la capa extendida y conformada inmediatamente antes de iniciar la compactación, abarcando todo su espesor.

La resistencia media de las cuatro (4) o más probetas que representan al lote (R_m), deberá ser igual o superior al noventa y dos por ciento (92%) de la resistencia correspondiente al diseño presentado por el Constructor (R_d) y aprobado por el Interventor.

$$R_m \geq 0.92 R_d \quad [351.3]$$

A su vez, la resistencia de cada probeta (R_i) deberá ser igual o mayor al noventa por ciento (90%) del valor medio, (R_m).

$$R_i \geq 0.90 R_d \quad [351.4]$$

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se rechazará el lote al cual representan las muestras. Si el lote es rechazado, el Constructor deberá levantar la capa y reponerla a satisfacción plena del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material removido será de propiedad del Constructor.

351.5.2.3 Calidad de la capa terminada

Para efectos del control, se considerará como "lote" que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500 m) de capa de base tratada con cemento.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de capa de base tratada con cemento.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y deberá estar ajustada a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde

de la capa que se está construyendo, excluyendo sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Interventor. La cota de cualquier punto de la capa compactada, no deberá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además, se realizarán los siguientes controles:

351.5.2.3.1 Compactación

Los sitios para la determinación de la densidad de la capa se elegirán al azar, según la norma de ensayo INV E-730 "Selección al azar de sitios para la toma de muestras", pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro. Se deberán efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de una capa de base tratada con cemento, se deberá calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de compactación en el laboratorio, mediante la siguiente expresión:

$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,m\acute{a}x}} \times 100$	[351.5]
---	---------

Siendo:

GC_i: Valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

γ_{d,i}: Valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164, sin efectuar corrección de ella por presencia de sobretamaños, de manera que corresponda a la muestra total;

$\gamma_{d,m\acute{a}x}$: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según los criterios de la Tabla 351 - 5 sobre una muestra representativa del mismo.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, se aplicarán los siguientes criterios para la aceptación del lote:

$GC_i(90) \geq 98.0 \%$	se acepta el lote	[351.6]
$GC_i(90) < 98.0 \%$	se rechaza el lote	[351.7]

Siendo:

$GC_i(90)$: Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90%, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del Artículo 107, "Control y aceptación de los trabajos", a partir de los valores individuales del grado de compactación GC_i .

Las verificaciones de compactación se deberán efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Si el lote es rechazado, el Constructor deberá levantar la capa y reponerla, a costa y cargo suyo, a satisfacción del Interventor. El material removido será de propiedad del Constructor.

351.5.2.3.2 Espesor

Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, el Interventor determinará el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no podrá ser inferior al de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d$$

[351.8]

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i), deberá ser cuando menos igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d), admitiéndose sólo un valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando este valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.9 e_d$$

[351.9]

Si se incumple alguno de estos requisitos, se rechazará el lote. En este caso, el Constructor deberá remover la capa y reponerla a satisfacción plena del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material removido será de propiedad del Constructor.

351.5.2.3.3 Planicidad

Inmediatamente después de la compactación, se comprobará la uniformidad de la superficie de la obra ejecutada mediante la regla de tres metros (3 m), según norma de ensayo INV E-793, en todos los sitios que el Interventor lo considere conveniente; la regla se colocará tanto paralela como normalmente al eje de la vía y no se admitirán variaciones superiores a diez milímetros (10 mm), para cualquier punto que no esté afectado por un cambio de pendiente.

Todas las áreas de la capa de base tratada con cemento donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deberán ser corregidas por el Constructor de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

351.6 MEDIDA

La base tratada con cemento se medirá según lo descrito en el numeral 300.6.1 del Artículo 300.

Si los documentos del proyecto indican que suministro del cemento hidráulico se paga por aparte, la unidad de medida de éste será el kilogramo (kg), aproximado al kilogramo completo, incorporado en la mezcla, debidamente aceptada por el Interventor. En este caso, para determinar la cantidad de cemento hidráulico efectivamente incorporado a la mezcla se tomará el porcentaje de cemento promedio del lote (CPL), determinado en los ensayos de contenido de cemento realizados a la mezcla como se indica en el numeral 351.5.2.2.1, se efectuará el cálculo correspondiente y se aproximará al kilogramo completo.

351.7 FORMA DE PAGO

La base trata con cemento se pagará según lo que sea aplicable del numeral 300.7 del Artículo 300.

El precio unitario debe incluir, además, el costo de la ejecución de la prefisuración mencionada en el numeral 351.4.7, incluyendo el suministro y la aplicación o instalación del producto que impida que las juntas se cierren de nuevo.

Si los documentos del proyecto especifican otro tipo de medidas para evitar o controlar el reflejo de fisuras, como instalación de geosintéticos o construcción de capas asfálticas de mezcla abierta, éstas se pagarán según el ítem correspondiente del contrato.

351.8 ÍTEM DE PAGO

Alternativa I: el precio unitario de base tratada con cemento incluye el suministro del cemento

351.1	Base tratada con cemento, resistencia R3.5 (incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m ³)
351.2	Base tratada con cemento, resistencia R5.2 (incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m ³)

Alternativa II: el precio unitario de base tratada con cemento no incluye el suministro del cemento

351.10 Base tratada con cemento, resistencia R3.5 (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m ³)
351.11 Base tratada con cemento, resistencia R5.2 (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m ³)
351.12 Cemento hidráulico para base tratada con cemento	Kilogramo (kg)

CAPÍTULO 4 – PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

ART. 400	DISPOSICIONES GENERALES PARA LA EJECUCIÓN DE RIEGOS DE IMPRIMACIÓN, LIGA Y CURADO, TRATAMIENTOS SUPERFICIALES, SELLOS DE ARENA ASFALTO, LECHADAS ASFÁLTICAS, MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FRÍO Y EN CALIENTE Y RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS
ART. 410	SUMINISTRO DE CEMENTO ASFÁLTICO
ART. 411	SUMINISTRO DE EMULSIÓN ASFÁLTICA
ART. 412	SUMINISTRO DE ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA
ART. 413	SUMINISTRO DE CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO CON GRANO DE CAUCHO RECICLADO
ART. 414	SUMINISTRO DE CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO CON POLÍMEROS
ART. 415	SUMINISTRO DE EMULSIÓN ASFÁLTICA MODIFICADA CON POLÍMEROS
ART. 416	SUMINISTRO DE ASFALTO LÍQUIDO PARA RIEGOS DE IMPRIMACIÓN
ART. 420	RIEGO DE IMPRIMACIÓN
ART. 421	RIEGO DE LIGA
ART. 422	RIEGO DE CURADO
ART. 430	TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE
ART. 431	TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE
ART. 432	SELLO DE ARENA - ASFALTO
ART. 433	LECHADA ASFÁLTICA
ART. 440	MEZCLA DENSA EN FRÍO

ART. 441	MEZCLA ABIERTA EN FRÍO
ART. 450	MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE DE GRADACIÓN CONTINUA (CONCRETO ASFÁLTICO)
ART. 451	MEZCLA ABIERTA EN CALIENTE
ART. 452	MEZCLA DISCONTINUA EN CALIENTE PARA CAPA DE RODADURA (MICROAGLOMERADO EN CALIENTE)
ART. 453	MEZCLA DRENANTE
ART. 460	FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO
ART. 461	RECICLADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN FRÍO EN EL LUGAR EMPLEANDO LIGANTES BITUMINOSOS
ART. 462	RECICLADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN PLANTA Y EN CALIENTE
ART. 464	GEOTEXTILES PARA REPAVIMENTACIÓN
ART. 465	EXCAVACIÓN PARA REPARACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EXISTENTE
ART. 466	SELLO DE GRIETAS EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

DISPOSICIONES GENERALES PARA LA EJECUCIÓN DE RIEGOS DE IMPRIMACIÓN, LIGA Y CURADO, TRATAMIENTOS SUPERFICIALES, SELLOS DE ARENA ASFALTO, LECHADAS ASFÁLTICAS, MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FRÍO Y EN CALIENTE Y RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

ARTÍCULO 400 – 13

400.1 DESCRIPCIÓN

Esta especificación presenta las disposiciones que son generales a los trabajos de imprimación, riegos de liga y de curado; tratamientos superficiales, sellos de arena-asfalto y lechadas asfálticas; bases, capas de mezcla asfáltica, bacheos asfálticos en frío y en caliente y reciclados con productos bituminosos, a los cuales se refiere el Capítulo 4 de las presentes Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras.

400.2 MATERIALES

400.2.1 Agregados pétreos y llenante mineral

400.2.1.1 Denominación

La Tabla 400 - 1 muestra la denominación del agregado según su tamaño, para el objeto de las especificaciones del Capítulo 4.

Tabla 400 - 1. Denominación de los agregados minerales

DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN
Agregado grueso	Porción del agregado retenida en el tamiz de 4.75 mm (No. 4).
Agregado fino	Porción del agregado comprendida entre los tamices de 4.75 mm y 75 μ m (No. 4 y No. 200)
Llenante mineral – Llenante mineral de aporte	Porción que pasa el tamiz de 75 μ m (No. 200). – Fracción del llenante que se incorpora a la mezcla por separado.

400.2.1.2 Aspectos generales

Los agregados pétreos no serán susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración físico- química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que presumiblemente se puedan dar en la zona de empleo. Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras o a otras capas del pavimento, o contaminar corrientes de agua.

El Constructor, como responsable de los materiales que suministre para la ejecución de los trabajos, deberá realizar todos los ensayos necesarios para establecer la calidad e inalterabilidad de los agregados por utilizar, independiente y complementariamente de los que taxativamente se exigen en estas especificaciones.

Los agregados pétreos deberán poseer una naturaleza tal, que al aplicársele una capa del material asfáltico por utilizar en el trabajo, ésta no se desprenda por la acción del agua y del tránsito. Sólo se admitirá el empleo de agregados con características hidrófilas, si se añade algún aditivo de comprobada eficacia para proporcionar una adhesividad satisfactoria, de acuerdo con las exigencias establecidas en cada uno de los Artículos.

400.2.1.2.1 Agregado grueso

El agregado grueso deberá proceder de la trituration y clasificación de roca y/o grava; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables.

Estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan impedir la adhesión completa del asfalto.

400.2.1.2.2 Agregado fino

El agregado fino estará constituido por arena de trituration o una mezcla de ella con arena natural. La proporción admisible de esta última dentro del

conjunto se encuentra definida en la respectiva especificación. Los granos del agregado fino deberán ser duros, limpios y de superficie rugosa y angular. El material deberá estar libre de cualquier sustancia que impida la adhesión del asfalto.

400.2.1.2.3 Llenante mineral

El llenante mineral podrá provenir de los procesos de trituración y clasificación de los agregados pétreos o podrá ser de aporte como producto comercial, generalmente cal hidratada o cemento hidráulico.

400.2.1.2.4 Requisitos de calidad

Los requisitos específicos de calidad de los agregados grueso y fino y del llenante mineral se especifican en los diferentes Artículos del Capítulo 4 de estas especificaciones.

400.2.1.3 Productos asfálticos

Los cementos asfálticos, emulsiones asfálticas y asfaltos líquidos deberán cumplir con los requisitos establecidos en los siguientes Artículos del Capítulo 4 de estas especificaciones.

- Cementos asfálticos: Artículo 410;
- Cementos asfálticos modificados con polímeros: Artículo 414;
- Cementos asfálticos modificados con grano de caucho reciclado: Artículo 413;
- Emulsiones asfálticas: Artículo 411;
- Emulsiones asfálticas modificadas con polímeros: Artículo 415;
- Asfalto líquido: Artículo 416.

400.2.2 Aditivos mejoradores de adherencia

Los aditivos mejoradores de adherencia se deberán ajustar a lo descrito en el Artículo 412.

400.3 EQUIPO

Todos los equipos empleados deberán ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requieren la aprobación previa del Interventor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obras y al cumplimiento de las exigencias de calidad del presente Artículo y del correspondiente a la respectiva partida de trabajo.

400.3.1 Equipo para la elaboración de los agregados triturados

La planta de trituración estará provista de una trituradora primaria, una secundaria y una terciaria siempre que ésta última se requiera; deberá incluir también una clasificadora y, de ser necesario, un equipo de lavado.

400.3.2 Planta para fabricación de mezclas asfálticas en caliente

La mezcla de concreto asfáltico se fabricará en plantas de asfalto de secamiento continuo, con sistema de mezclado y entrega tipo continuo o discontinuo y con un sistema de dosificación de agregados en frío o en caliente capaz de manejar simultáneamente el número de fracciones de agregado que exija la fórmula de trabajo adoptada, cumpliendo con las tolerancias especificadas en el Artículo correspondiente al tipo de mezcla que se vaya a elaborar.

Las plantas productoras de mezcla asfáltica deberán cumplir lo establecido en la reglamentación vigente sobre protección y control de vertimientos y de calidad del aire; para su funcionamiento en la obra se deberá presentar previamente al Instituto Nacional de Vías la autorización correspondiente o el permiso vigente de emisiones atmosféricas, expedido por la entidad nacional o regional encargada de otorgar tales permisos.

Para la fabricación de mezclas asfálticas en caliente, se podrán usar plantas de los tipos y características indicados en la Tabla 400 - 2.

Tabla 400 - 2. Tipos de plantas para la fabricación de mezclas asfálticas en caliente

TIPO DE PLANTA		REQUISITOS
De mezcla discontinua (o de bachada)		Numeral 400.3.2.2
De mezcla continua	Tambor secador – mezclador	Numeral 400.3.2.3
	Mezclador de ejes paralelos	Numeral 400.3.2.4
	Mezclador de tambor	

400.3.2.1 Requisitos para todas las plantas**400.3.2.1.1 Automatización**

La operación de la planta deberá ser totalmente automática. Se deberá disponer de un cuarto de control con condiciones de higiene y comodidad adecuadas para el personal de operación. Deberá tener un tablero o consola que reúna en un solo sitio toda la información sobre las temperaturas, tanto de los gases como de los diferentes insumos y materiales, sobre la operación de la planta y sobre los indicadores de los parámetros de producción de la mezcla y de la dosificación, tanto de los agregados pétreos como del ligante asfáltico y del aditivo, si se requiere su uso. Allí mismo se deberán encontrar los dispositivos para controlar el inicio y la terminación de las jornadas de producción de mezcla y de manejo de su dosificación. No se permitirá la operación de la planta cuya dosificación se realice sólo por la manipulación de dispositivos mecánicos.

400.3.2.1.2 Calibración

Todos los dispositivos de medida de la planta deben contar con un certificado de calibración vigente.

400.3.2.1.3 Capacidad de producción

La capacidad mínima de producción de la planta estará señalada en el Pliego de Condiciones y ella

dependerá de las características de la obra por ejecutar.

El Constructor deberá suministrar la certificación sobre la capacidad máxima de producción de la planta de asfalto dada por el fabricante; si la planta ha sido reformada, se deberá entregar la certificación de la planta reformada, expedida por un ingeniero con experiencia documentada en manejo de plantas de asfalto. La certificación deberá indicar las condiciones bajo las cuales se alcanza dicha capacidad máxima.

También, deberá suministrar una certificación sobre la capacidad del quemador del secador, proporcionada por el fabricante del mismo.

400.3.2.1.4 Combustibles

Los combustibles usados en la operación de la planta deberán cumplir con las exigencias sobre combustibles sólidos o líquidos establecidas en las Resoluciones del Ministerio del Medio Ambiente números 898 de 1995, 623 de 1998 y 068 de 2001, y sobre combustibles gaseosos en la Resolución de la Superintendencia Nacional de Industria y Comercio número 14471 de 2002, con énfasis en las Normas Técnicas NTC 2505, 3631, 3833 y 4282 y con supervisión de un organismo de inspección acreditado por el ONAC bajo la norma NTC ISO-17020. Queda entendido que si alguna disposición de las recién citadas es reemplazada en el futuro por la entidad nacional competente para ello, se entenderá que los requisitos por cumplir serán los de la disposición actualizada.

En la operación de las plantas asfálticas en caliente se podrán emplear, también, los combustibles gaseosos provenientes de la síntesis de biomasa y/o de combustibles sólidos, bajo la supervisión de un ingeniero con experiencia en la materia y debidamente matriculado, quien deberá haber

presentado previamente el proyecto y obtenido la aprobación expresa del Instituto Nacional de Vías, y siempre y cuando el dispositivo usado y sus aditamentos no produzcan contaminaciones en las emisiones, que sobrepasen los límites establecidos en las normas y en la combustión y/o manipulación de los insumos utilizados y de los residuos, escorias o cenizas que aparezcan, de acuerdo con los decretos 3930 y 4728 de 2010 (o los que los reemplacen en el futuro) y con la legislación complementaria sobre tratamiento de residuos sólidos y/o líquidos.

400.3.2.1.5 Dispositivos para toma de muestras

La planta deberá poseer un dispositivo que permita la toma de muestras de agregados pétreos secos, antes de su mezcla con el ligante asfáltico, para verificar su limpieza, en especial de posibles residuos de combustión que afecten su adherencia. La producción de la mezcla se deberá detener si hay signos de avería en el sistema de combustión, si ocurre una combustión incompleta o si se observa contaminación en los agregados o en la mezcla, y sólo se podrá reiniciar cuando, a juicio del Interventor, el problema quede satisfactoriamente resuelto.

400.3.2.1.6 Tolvas para agregados en frío

Las tolvas para agregados en frío deberán tener paredes resistentes y estancas, con bocas de anchura suficiente para que su alimentación se efectúe correctamente, y cuya separación sea efectiva para evitar que se mezclen los agregados de tolvas diferentes; el equipo de cargue deberá tener acceso directo e independiente a cada una de las tolvas.

El número mínimo de tolvas será función del número de fracciones de agregado que exija la fórmula de trabajo adoptada pero, en todo caso, no

será inferior a tres (3) para las plantas discontinuas y/o de mezcla por fuera del tambor secador y cuatro (4) para las de tambor secador-mezclador, dos de las cuales se asignarán al agregado fino.

Las tolvas deberán estar provistas de dispositivos de dosificación a su salida, que puedan ser ajustados y mantenidos en cualquier posición.

Con el fin de evitar discontinuidad en el flujo de salida del agregado fino, debido a su humedad natural, se exigirá el uso de vibración, o cualquier otro método que se demuestre útil para tal fin.

400.3.2.1.7 Tambor-secador

La planta estará dotada de un tambor secador que permita el secado continuo y eficiente de los agregados y su calentamiento a la temperatura adecuada para la fabricación de la mezcla, según el ligante asfáltico utilizado, extrayendo de ellos una proporción de polvo mineral tal, que su dosificación se ajuste a lo establecido en la fórmula de trabajo.

El quemador del secador deberá ser de marca reconocida y deberá contar con una certificación del fabricante donde se indiquen, además de su capacidad, los parámetros de alimentación requeridos, tanto de aire como de combustible, ya sea éste gaseoso, líquido ó sólido, para que se cumplan las prestaciones informadas, incluyendo la limpieza de su combustión. La combustión, que deberá ser completa, deberá impedir la emisión de residuos que contaminen los agregados o la atmósfera.

400.3.2.1.8 Sistemas para el control de emisiones y la recuperación de finos

La planta deberá tener, como mínimo un sistema primario de recuperación de finos secos contenidos en los gases procedentes del secador.

La planta deberá estar dotada también, como mínimo, de un sistema secundario de control de emisiones, seco o húmedo, instalado en serie y a continuación del sistema primario de recuperación de finos, que recoja lo que éste ha permitido pasar y que sea lo suficientemente eficiente para impedir la emisión a la atmósfera de productos contaminantes y/o de partículas que sobrepasen los límites establecidos en la Resolución del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial número 909 de 2008 y en los sitios y condiciones establecidas en las Resoluciones 2153 y 2154 de 2010 del mismo Ministerio y/o en las disposiciones legales que anulen, complementen, modifiquen y/o adicionen dichas resoluciones.

400.3.2.1.9 Depósitos de almacenamiento de cemento asfáltico

El almacenamiento que requiera el cemento asfáltico antes de su aplicación, se realizará en tanques adecuados para tal fin, los cuales tendrán los aparatos de medida y seguridad necesarios para garantizar su correcto funcionamiento, situados en puntos de fácil acceso. Así mismo, dispondrán de una válvula adecuada para la toma de muestras.

Cuando los tanques de almacenamiento no dispongan de medios de carga propios, los carrotanques empleados para el transporte del cemento asfáltico deberán estar dotados de medios neumáticos o mecánicos apropiados para el trasvase rápido de su contenido a los tanques. Cuando se empleen bombas de trasvase, se preferirán las de tipo rotativo a las centrífugas. El trasvase desde el carrotanque al tanque de almacenamiento se realizará siempre por tubería directa.

Todas las tuberías usadas para el trasvase del cemento asfáltico del carrotanque al tanque de almacenamiento y de éste al equipo de empleo, deberán estar dispuestas de manera que se puedan

limpiar fácilmente después de cada aplicación y/o jornada de trabajo.

400.3.2.1.10 Manejo del cemento asfáltico

El sistema de almacenamiento, calefacción y alimentación del cemento asfáltico deberá poder permitir su recirculación y su calentamiento a la temperatura de empleo, de forma que se garantice que no se producen sobrecalentamientos localizados y que no se sobrepasan las temperaturas máximas admisibles de dicho producto. Todas las tuberías, bombas, tanques, etc., deberán estar provistos de calefactores o aislamientos. La descarga de retorno del ligante a los tanques de almacenamiento será siempre sumergida. Se dispondrán termómetros, especialmente en la boca de salida al mezclador y en la entrada del tanque de almacenamiento. El sistema de circulación deberá estar provisto de dispositivos para tomar muestras y para comprobar la calibración del dosificador.

400.3.2.1.11 Manejo del llenante mineral

La planta deberá disponer de sistemas independientes para el almacenamiento y para la dosificación del llenante mineral recuperado y de aporte, los cuales deberán estar adecuadamente protegidos contra la humedad.

Así mismo, si se determinase que el llenante recuperado por el sistema primario de recuperación sobrepasa el máximo especificado en el Artículo correspondiente a la mezcla que se está fabricando, se deberá disponer de un sistema que permita el retiro dosificado del sobrante, de manera que dicha operación, además de conseguir su objetivo, no afecte la limpieza de operación de la planta.

400.3.2.1.12 Manejo de aditivos

En caso de que se incorporen aditivos a la mezcla, la instalación deberá poseer un sistema de dosificación de los mismos que tenga, como mínimo, la precisión del sistema de dosificación del ligantes asfáltico.

400.3.2.1.13 Silo de almacenamiento

Si la planta posee un silo para el almacenamiento de la mezcla elaborada, su capacidad deberá garantizar el flujo normal de los vehículos de transporte, así como que en las cuarenta y ocho (48) horas siguientes a la fabricación, la mezcla acopiada no haya perdido ninguna de sus características, en especial la homogeneidad del conjunto y las propiedades del ligante. El silo de almacenamiento deberá contar con una tolva de compensación u otro elemento de descarga en su parte superior, cuya ubicación y funcionamiento sean correctos, de manera que eviten la segregación de la mezcla que se va a almacenar.

400.3.2.2 Requisitos específicos para las plantas de tipo discontinuo**400.3.2.2.1 Clasificación de agregados en caliente**

Las plantas de tipo discontinuo, o plantas de bachada, deberán estar dotadas de un sistema de clasificación de los agregados en caliente, de capacidad adecuada a la producción del mezclador, en un número de fracciones no inferior a tres (3) y de tolvas de almacenamiento de las mismas, cuyas paredes serán resistentes y de altura suficiente para evitar que se mezclen los agregados de diferentes tolvas. Las tolvas en caliente deberán tener un rebosadero, para evitar que el exceso de contenido se vierta en las contiguas o afecte el funcionamiento del sistema de clasificación; deberán tener, también, un dispositivo de alarma, claramente perceptible por el operador, que avise cuando el nivel de la tolva sea inferior al que proporcione la cantidad calibrada,

y un dispositivo para la toma de muestras de las fracciones almacenadas.

400.3.2.2.2 Indicadores de la temperatura de los agregados y del asfalto

La instalación deberá estar provista de indicadores de la temperatura de los agregados secos, situados a la salida del secador o en el sitio en donde se ellos se van a mezclar con el asfalto; también, deberá tener indicadores de temperatura del ligante asfáltico en el sitio en donde éste sale al mezclador.

400.3.2.2.3 Dispositivos de dosificación

La precisión de los dispositivos de dosificación por peso de los agregados en caliente deberá ser tal que no permitan una desviación superior al medio por ciento ($\pm 0.5 \%$). Los dispositivos de dosificación ponderal del llenante y del ligante deberán tener una precisión tal que no permitan una desviación superior al tres por mil ($\pm 0.3 \%$).

400.3.2.2.4 Alimentación del ligante bituminoso

El ligante asfáltico se distribuirá uniformemente en el mezclador, y las válvulas que controlan su entrada no permitirán fugas ni goteos. El sistema dosificador del ligante deberá disponer de dispositivos para su calibración a la temperatura y presión de trabajo.

400.3.2.3 Requisitos específicos para las plantas de tipo continuo con tambor secador- mezclador

400.3.2.3.1 Dosificación de agregados

El sistema de dosificación de los agregados deberá ser ponderal y tener en cuenta su humedad, para corregir la dosificación en función de ella. La rata de alimentación deberá ser monitoreada continuamente por la báscula de la banda transportadora u otro dispositivo sincronizado con el mecanismo de alimentación del asfalto.

400.3.2.3.2 Dosificación de asfalto

El dispositivo medidor del asfalto deberá controlar adecuadamente la rata de ligante que se incorpora a la mezcla y responder instantáneamente a cualquier variación en la rata de alimentación de los agregados. La difusión del asfalto deberá ser homogénea y de manera que no exista ningún riesgo de contacto con la llama ni de someter al ligante a temperaturas inadecuadas.

400.3.2.3.3 Elaboración de la mezcla

El tambor deberá calentar, cubrir y mezclar uniformemente los materiales, evitando su exposición directa a las llamas o cualquier otra fuente puntual de alta temperatura, y evitando cualquier sobrecalentamiento en los agregados, en el cemento asfáltico o en la mezcla que pueda afectar adversamente las características y el comportamiento de la mezcla elaborada.

Se deberán instalar pirómetros tanto a la salida del asfalto, para verificar su temperatura, como en el extremo de descarga del mezclador, para verificar la temperatura de la mezcla. La producción de la planta se deberá limitar a la velocidad requerida para obtener una envuelta correcta de los agregados, cumpliendo con los requisitos de temperatura de agregados y del ligante según se haya determinado al establecer la fórmula de trabajo.

400.3.2.4 Requisitos específicos para las plantas de ejes paralelos o mezclador de tambor

Deberá tener características geométricas y mecánicas tales que, en un solo proceso, proporcionen un flujo continuo y adecuado que permita una distribución uniforme del ligante asfáltico previamente dosificado. Deberán disponer de elementos físico-mecánicos suficientes y

adecuados para mezclar los agregados con el ligante bituminoso durante el tiempo y la temperatura adecuados, con el fin de obtener el recubrimiento total de los agregados, libres de cualquier contaminación que afecte su adherencia.

El sistema no deberá permitir ninguna fuga furtiva o goteo, ya sea de partículas de agregados o de ligante.

400.3.3 Planta para la fabricación de mezclas asfálticas en frío

Para la fabricación de mezclas asfálticas en frío, se podrán usar plantas de los tipos y características indicados en la Tabla 400 - 3.

Tabla 400 - 3. Tipos de plantas para la fabricación de mezclas asfálticas en frío

TIPO DE PLANTA	REQUISITOS
Planta fija	Numeral 400.3.3.1
Planta móvil	Numeral 400.3.3.2

Las plantas para mezclas en frío deberán ser capaces de manejar simultáneamente el número de fracciones de agregados que exija la fórmula de trabajo adoptada.

Se permite el empleo de instalaciones de diferente concepción a las descritas en el presente numeral, siempre que cuenten con el visto bueno del Interventor y previos los ensayos que demuestren la calidad de la mezcla fabricada con ellas.

400.3.3.1 Planta fija

Si se utiliza una planta fija para la fabricación de una mezcla en frío, ésta podrá ser de tipo continuo o discontinuo y dispondrá del número necesario de tolvas, con sus dosificadores, que le permita manejar simultáneamente el número de fracciones de agregados disponibles para obtener la granulometría seleccionada para la elaboración de la mezcla.

Las tolvas para agregados deberán tener paredes resistentes, con bocas de anchura suficiente para que la alimentación se pueda realizar correctamente. La separación entre ellas debe evitar que se mezclen los agregados de tolvas diferentes. Además, sus dispositivos de salida deben permitir ajustes exactos para mantenerlos en cualquier posición. El número mínimo de tolvas será función del número de fracciones de agregados por emplear.

Las instalaciones de tipo discontinuo deberán estar provistas de dispositivos de dosificación por peso cuya exactitud sea superior al medio por ciento (0.5 %). Los dispositivos de dosificación de agua y ligante tendrán una exactitud, como mínimo, de tres por mil (0.3 %). El ligante, que deberá tener un sistema idóneo de almacenamiento y alimentación, deberá ser distribuido uniformemente en el mezclador, y las válvulas que controlan su entrada no deberán permitir fugas ni goteos.

Si se emplea una instalación de tipo continuo, un sistema de bandas transportará los agregados desde las tolvas hasta el mezclador, que será del tipo de ejes gemelos, donde se incorporarán el agua y el ligante bituminoso. Los dosificadores de agua y ligante deberán estar sincronizados con los dosificadores de los agregados, de manera que se pueda reproducir la fórmula de trabajo. La planta deberá disponer, además, de dispositivos para su calibración a la presión de trabajo, así como para la toma de muestras. En caso de que se incorporen aditivos a la mezcla, la instalación deberá poseer un sistema de dosificación exacta de ellos.

400.3.3.2 Planta móvil

Las plantas móviles o ambulantes estarán montadas sobre bastidores autopropulsados; estas plantas actuarán al mismo tiempo como extendedoras. Constarán de tolva de recepción de agregados ya mezclados y con la gradación adecuada, depósitos de agua y emulsión y eventuales aditivos, y dispositivos de alimentación de todos los materiales a la mezcladora. Dispondrán, además, de una extendedora que regule el espesor y proporcione el perfil transversal y un buen acabado superficial.

400.3.4 Equipo para la transferencia de la mezcla (*Shuttle buggy*)

Este equipo, cuyo empleo es de carácter opcional, tiene por finalidad reducir la segregación y transferir la mezcla de las volquetas a la tolva de la máquina pavimentadora, sin que aquellas entren en contacto con ésta, ni circulen sobre superficies con riegos de imprimación o liga.

400.3.5 Equipo para la extensión de la mezcla

La extensión de las mezclas asfálticas se hará con una pavimentadora autopropulsada, adecuada para extender y terminar la mezcla con un mínimo de pre-compactación de acuerdo con los anchos y espesores especificados.

La capacidad de la tolva, así como la potencia de la máquina, deberán ser adecuadas para el tipo de trabajo que deba desarrollar. La pavimentadora estará equipada con un vibrador y un distribuidor de tornillo sinfín, de tipo reversible, capacitado para colocar la mezcla uniformemente por delante de los enrasadores. Poseerá un equipo de dirección adecuado y tendrá velocidades para retroceder y avanzar.

La pavimentadora tendrá dispositivos mecánicos compensadores para obtener una superficie pareja y formar los bordes de la capa sin uso de formaletas. Será ajustable para lograr la sección transversal especificada en el diseño u ordenada por el Interventor.

Si se determina que durante su operación el equipo deja huellas en la superficie de la capa, áreas defectuosas u otras irregularidades objetables que no sean fácilmente corregibles durante la construcción, el Interventor exigirá su inmediata reparación o cambio.

En el caso de mezclas asfálticas en caliente, la pavimentadora deberá estar dotada de un elemento calefactor para la ejecución de la junta longitudinal.

400.3.6 Equipo de compactación

Se deberán utilizar compactadores autopropulsados de rodillos metálicos, estáticos o vibratorios, de neumáticos o mixtos. El equipo de compactación por emplear en cada caso dependerá del tipo de capa asfáltica y su espesor, y deberá contar con la aprobación del Interventor, con base en los resultados obtenidos en la fase de experimentación.

Todos los compactadores deberán ser autopropulsados y estar dotados de inversores de marcha suaves; además, estarán dotados de dispositivos para la limpieza de los rodillos o neumáticos durante la compactación y para mantenerlos húmedos en caso necesario.

Los compactadores de rodillos metálicos no deberán presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios dispondrán de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático.

Los compactadores de neumáticos tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslapo de las huellas delanteras y traseras y, en caso necesario, faldones de lona protectora contra el enfriamiento de los neumáticos.

Las presiones lineales estáticas o dinámicas, y las presiones de contacto de los diversos compactadores, serán las necesarias para conseguir la compacidad adecuada y homogénea de la mezcla en todo su espesor, pero sin producir roturas del agregado ni arrollamiento de la mezcla a las temperaturas de compactación.

En lugares inaccesibles a los equipos normales de compactación se permitirá el uso de otros equipos de tamaño y diseño adecuados para la labor por realizar.

400.3.7 Equipos de transporte

Todos los vehículos de transporte deberán cumplir todas las disposiciones legales referentes a las dimensiones y pesos de los vehículos de transporte, a las condiciones técnico-mecánicas y a las de control de emisiones contaminantes de los mismos; deberán tener al día los certificados de revisión técnico mecánica y de emisiones contaminantes.

400.3.7.1 Carrotanque para transporte de cemento asfáltico

El transporte del cemento asfáltico desde la planta de producción a la planta mezcladora, se deberá efectuar en caliente y a granel, en carrotanques con adecuados sistemas de calefacción y termómetros ubicados en sitios visibles. Deberán estar dotados, además, de los medios mecánicos que permitan el rápido trasvase de su contenido a los

depósitos de almacenamiento. Así mismo, dispondrán de un elemento adecuado para la toma de muestras.

400.3.7.2 Carrotanque para transporte de emulsión asfáltica

El transporte de la emulsión asfáltica desde la planta de fabricación hasta el sitio de colocación, se realizará a granel, en carrotanques que no requieren aislamientos térmicos ni calefacción. Estarán dotados de los medios mecánicos que permitan el rápido traslado de su contenido a los depósitos de almacenamiento. Así mismo, dispondrán de un elemento adecuado para la toma de muestras.

400.3.7.3 Equipo para el transporte de agregados y mezclas asfálticas

Tanto los agregados como las mezclas asfálticas se transportarán en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin. En el caso de transporte de mezclas asfálticas, la superficie interna del platón deberá ser tratada con un producto cuya composición y cantidad deberán ser aprobadas por el Interventor, con el fin de evitar la adherencia de la mezcla a ella. La forma y la altura del platón serán tales, que durante el vertido en la pavimentadora, la volqueta sólo toque a ésta a través de los rodillos previstos para ello, en los casos en los que no se emplee el equipo para la transferencia de la mezcla mencionado en el numeral 400.3.4.

400.3.8 Equipos para la extensión de riegos

400.3.8.1 Carrotanque irrigador

Toda aplicación de productos asfálticos en forma de riego se deberá realizar por medio de un carrotanque irrigador. Se prohíbe la aplicación de riegos con escoba o empleando recipientes que apliquen el producto por gravedad. Esto aplica para la ejecución de riegos de imprimación, liga y curado, sellos de arena asfalto y tratamientos superficiales cubiertos por las presentes especificaciones generales.

El carrotanque irrigador deberá cumplir exigencias mínimas que garanticen la aplicación uniforme y constante del producto asfáltico para imprimación, a la temperatura

apropiada, sin que lo afecten la carga, la pendiente de la vía o la dirección del vehículo. Sus dispositivos de irrigación deberán proporcionar una distribución transversal adecuada del ligante. El vehículo deberá estar provisto de un velocímetro calibrado en metros por segundo (m/s), o pies por segundo (pie/s), visible al conductor, para mantener la velocidad constante y necesaria que permita la aplicación uniforme del asfalto en sentido longitudinal.

El carrotanque deberá aplicar el producto asfáltico a presión y para ello deberá disponer de una bomba de impulsión, accionada por motor y provista de un indicador de presión. También, deberá estar provisto de un termómetro para el ligante, cuyo elemento sensible no se podrá encontrar cerca de un elemento calentador.

Para áreas inaccesibles al carrotanque y para retoques y aplicaciones mínimas, se usará una caldera regadora portátil, con sus elementos de irrigación a presión, o una extensión del carrotanque con boquilla de expansión que permita un riego uniforme.

400.3.8.2 Equipo para la extensión del agregado pétreo

Se podrán emplear esparcidoras autopropulsadas o extendedoras mecánicas acopladas a volquetas, que garanticen una adecuada y homogénea distribución del agregado pétreo sobre la superficie.

400.3.8.3 Equipo multidistribuidor de asfalto y agregado

En lugar del carrotanque irrigador y del equipo de extensión del agregado pétreo, descritos en los numerales 400.3.8.1 y 400.3.8.2, se podrá emplear un equipo multidistribuidor que permita la aplicación conjugada del ligante asfáltico y el agregado en una sola operación.

400.3.9 Equipo accesorio

Estará constituido por elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica, siempre que su uso esté autorizado por las autoridades ambientales. Así mismo, se requieren herramientas menores para efectuar correcciones localizadas durante la extensión de la

mezcla, termómetros y cámara infrarroja para controlar temperaturas, etc.

400.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

400.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el Artículo 105, numeral 105.13.3.

400.4.2 Fórmulas de trabajo para mezclas asfálticas, tratamientos superficiales y lechadas asfálticas

Antes de iniciar el acopio de los agregados, el Constructor deberá suministrar, para verificación del Interventor, muestras de ellos y del producto bituminoso por emplear y de los eventuales aditivos, avaladas por los resultados de los ensayos de laboratorio que garanticen la conveniencia de emplearlos en el tratamiento o mezcla. Una vez el Interventor efectúe las comprobaciones que considere convenientes y dé su aprobación a los ingredientes, el Constructor definirá una "fórmula de trabajo" que obligatoriamente deberá cumplir las exigencias establecidas en la especificación correspondiente. En dicha fórmula se consignarán el tipo y las características del ligante asfáltico; la granulometría de cada uno de los agregados pétreos y las proporciones en que ellos deben ser mezclados, junto con el llenante mineral, para obtener la gradación aprobada, así como la granulometría de los agregados combinados.

En el caso de mezclas y lechadas asfálticas se deberán indicar, además, el porcentaje de ligante bituminoso en relación con la masa de la mezcla o de los agregados secos, y los porcentajes de aditivos, respecto de la masa del ligante asfáltico, cuando su incorporación resulte necesaria. Si la mezcla es en frío y requiere la incorporación de agua, se deberá indicar la proporción de ésta.

En el caso de mezclas en caliente, también se deberán señalar:

- Los tiempos requeridos para la mezcla de agregados en seco y para la mezcla de los agregados con el ligante bituminoso.
- Las temperaturas máxima y mínima de calentamiento previo de los agregados y del ligante. En ningún caso, se introducirán en el mezclador agregados pétreos a una temperatura que sea superior a la del ligante en más de quince grados Celsius (15° C).

- Las temperaturas de mezcla con cemento asfáltico se deberán encontrar dentro del rango correspondiente a una viscosidad del asfalto entre ciento cincuenta y trescientos centistokes (150–300 cSt). Además, en el caso de asfaltos modificados con polímeros, en la temperatura de mezcla se tendrá en cuenta el rango recomendado por el fabricante.
- Las temperaturas máximas y mínimas al salir del mezclador dependerán del tipo de mezcla y de la planta en la cual ésta se elabore. La temperatura máxima de la mezcla al salir del mezclador no será mayor de ciento ochenta grados Celsius (180° C) en las plantas discontinuas, ni mayor de ciento sesenta y cinco grados Celsius (165° C) en las de tambor secador–mezclador. Esta temperatura podrá ser incrementada en diez grados Celsius (10° C) en el caso de las mezclas de alto módulo.
- La temperatura mínima de la mezcla en la descarga desde los elementos de transporte.
- Las temperaturas mínimas aceptables de la mezcla al inicio y a la terminación de la compactación.

Cuando se trate del diseño de una mezcla reciclada en caliente, la fórmula deberá señalar también:

- Proporciones en que se deben mezclar los materiales recuperados del pavimento y el agregado nuevo, así como la granulometría resultante de su mezcla, determinada por los tamices correspondientes a la franja granulométrica aprobada.
- Tipo y porcentaje de ligante bituminoso nuevo, en relación con la masa de la mezcla.
- Porcentaje requerido de agente rejuvenecedor, en relación con la masa del asfalto envejecido.
- Porcentaje requerido de aditivo mejorador de adherencia, en relación con la masa del ligante bituminoso nuevo.
- Las temperaturas máximas y mínimas de calentamiento previo de los agregados, del pavimento recuperado, del asfalto nuevo y del agente

rejuvenecedor. En ningún caso se podrá calentar el material por reciclar a una temperatura superior a la del ligante bituminoso de adición.

La mezcla diseñada con la fórmula de trabajo deberá ser verificada respecto de su sensibilidad ante la acción del agua.

Para algunas mezclas destinadas a capa de rodadura e intermedias se deberá verificar, también, su resistencia al ahuellamiento, con los ensayos y valores límites indicados en los Artículos correspondientes del Capítulo 4 de estas especificaciones. Esta verificación también se realizará a las mezclas de alto módulo.

Cuando se trate de tratamientos superficiales, el Constructor deberá informar al Interventor las dosificaciones de ligante asfáltico y de agregados pétreos para los distintos riegos, incluyendo la posible incorporación de aditivos.

Si se trata de lechadas asfálticas, tratamientos superficiales y mezclas en frío y en caliente destinadas a capa de rodadura, la respectiva fórmula de trabajo deberá asegurar el cumplimiento de las características de macrotextura superficial y resistencia al deslizamiento de la obra terminada, según lo establecido en cada uno de los Artículos correspondientes a dichas partidas de trabajo.

La fabricación de las mezclas asfálticas y la puesta en obra de ellas y de los tratamientos superficiales y lechadas asfálticas no se podrá iniciar hasta contar con la aprobación de la correspondiente fórmula de trabajo por parte del Interventor. La aprobación definitiva de la fórmula de trabajo por parte del Interventor no exime al Constructor de su plena responsabilidad de alcanzar, con base en ella, la calidad exigida por la respectiva especificación. La fórmula aprobada sólo se podrá modificar durante la ejecución de los trabajos, si las circunstancias lo aconsejan y previo el visto bueno del Interventor.

400.4.3 Fase de experimentación en mezclas nuevas o recicladas, tratamientos y lechadas asfálticas

Antes de iniciar los trabajos, el Constructor emprenderá una fase de experimentación para verificar el estado de los equipos y determinar, en secciones de ensayo de ancho y longitud definidas en acuerdo con el Interventor, los métodos definitivos de preparación, transporte,

colocación, compactación y eventual curado de la mezcla, lechada o tratamiento, así como las tasas de aplicación en obra, de manera que se cumplan los requisitos de la respectiva especificación. En el caso de la construcción de lechadas asfálticas, el proceso no incluirá la etapa de compactación.

El Interventor tomará muestras del tratamiento, lechada o mezcla, para determinar su conformidad con las condiciones especificadas que correspondan en cuanto a granulometría, dosificación, densidad y demás requisitos.

En caso de que el trabajo elaborado no se ajuste a dichas condiciones, el Constructor deberá efectuar inmediatamente las correcciones requeridas en los equipos y sistemas o, si llega a ser necesario, en la fórmula de trabajo, repitiendo las secciones de ensayo una vez efectuadas las correcciones.

El Interventor determinará si es aceptable la ejecución de los tramos de prueba como parte integrante de la obra en construcción.

En el caso de mezclas nuevas o recicladas, el Interventor establecerá, durante la fase de experimentación, correlaciones entre los métodos corrientes de control de la dosificación del ligante y de la densidad en el terreno y otros métodos rápidos de control.

En el caso de tratamientos superficiales, lechadas asfálticas y mezclas en frío, se definirán en esta fase sus tiempos de rotura y curado, con el fin de que se puedan tomar las previsiones necesarias en el control del tránsito público.

400.4.4 Muestreo y ensayos

El Constructor deberá tomar todas las muestras que exigen estas especificaciones, para verificar su conformidad con los requisitos impuestos en ellas; así mismo, deberá permitir al Interventor la toma de todas las muestras que le corresponda.

Siempre que los ensayos den resultados no satisfactorios, el Constructor será el responsable de las consecuencias que se deriven de ello, y todas las correcciones o reparaciones a que haya lugar correrán a su exclusivo costo.

400.4.5 Transporte de materiales

En aquellos casos en que, a juicio del Interventor, el transporte de materiales pueda perjudicar la obra en ejecución, el Constructor deberá construir los desvíos necesarios. La construcción de estos desvíos no tendrá pago por separado y su costo debe estar incluido como parte del suministro de materiales en los precios unitarios de los ítems correspondientes.

400.4.6 Desvíos

Los desvíos que sea necesario construir durante la ejecución de las obras deberán permitir la circulación de los equipos al servicio de la obra y el tránsito público en forma segura y sin inconvenientes. Cuando a juicio del Interventor su construcción no resulte práctica, podrá autorizar las operaciones constructivas por medias calzadas.

En todos los casos, el Constructor está obligado a colocar y mantener el personal y las señales necesarias para guiar el tránsito, de conformidad con lo que establece el Manual de Señalización Vial del Ministerio de Transporte. En caso de que no se cumplan estas condiciones, el Interventor prohibirá la ejecución de trabajos en las zonas afectadas.

400.4.7 Manejo ambiental

Todas las labores referentes a las actividades que son objeto de los Artículos del Capítulo 4 de estas Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras se deberán realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

Estas actividades implican el manejo de ligantes asfálticos, agregados pétreos y los tratamientos o mezclas elaboradas con ellos. En adición a los aspectos generales mencionados en el Artículo 106, se describen a continuación algunos de los cuidados relevantes en relación con la protección ambiental, sin perjuicio de los que exijan los documentos de cada proyecto particular o la legislación ambiental vigente.

En caso de contradicciones con lo indicado en el presente numeral prevalecerán, en su orden, la legislación ambiental y lo indicado en los documentos del proyecto.

400.4.7.1 Ligante

- Sus depósitos se deberán localizar en lugares apartados de cursos o láminas de agua.
- Alrededor de los depósitos se deberán construir diques de contención para evitar la propagación de derrames accidentales.
- Los residuos de los carrotaques no podrán ser vertidos en la zona de derecho de vía, en estructuras de drenaje o en cauces o láminas de agua.
- En caso de vertimiento accidental del asfalto empleado en la ejecución de algún riego, dicho material deberá ser recogido, incluyendo el suelo contaminado, y dispuestos en sitios de vertimiento contruidos para tal fin y aprobados ambientalmente.
- Se deberá evitar el sobrecalentamiento del producto en las plantas de mezcla en caliente.
- Los obreros que laboren en el transporte y disposición del asfalto deberán ser dotados de los equipos apropiados de seguridad industrial.

400.4.7.2 Explotación y procesamiento de agregados pétreos

- No se permitirá la explotación de fuentes de materiales en áreas de preservación ambiental.
- Se preferirá la extracción de fuentes explotadas para el abastecimiento de obras anteriores, siempre que la calidad de sus materiales sea adecuada.
- Se deberá planear adecuadamente la explotación de la fuente, de manera de minimizar los impactos resultantes del proceso y facilitar la recuperación ambiental al término de la explotación.
- Si los agregados se obtienen de fuentes comerciales, el Interventor sólo aceptará su uso después de que el

Constructor le haga entrega de una copia auténtica de la respectiva licencia ambiental de operación.

- Antes de iniciar la explotación de las fuentes, el Constructor presentará al Interventor, para su evaluación y eventual aprobación, un plan de explotación.
- No está permitida la quema como forma de desmonte del área por explotar.
- Se deberá retirar cuidadosamente la capa vegetal de las zonas de explotación y mantenerla en buenas condiciones, para recuperarlas al término de la explotación.
- Se deberán limitar al mínimo el desmonte, la limpieza y el descapote durante la construcción de las instalaciones de trituración y clasificación y la planta asfáltica.
- Si se deben interceptar drenajes naturales, ellos deberán ser adecuadamente canalizados.
- La planta de trituración deberá estar provista de los filtros necesarios para prevenir la contaminación ambiental, de acuerdo con la reglamentación vigente.
- Siempre que se requiera lavado durante el proceso de producción de agregados, los residuos que genera esta operación deberán ser conducidos a piscinas de sedimentación.
- Tanto en las plantas de trituración como en las asfálticas, se deberá realizar un seguimiento permanente al componente atmosférico durante su operación.
- El manejo de explosivos deberá ser realizado por un experto.
- Los niveles de ruido y polvo causados por los procesos de explotación y procesamiento de los agregados deberán ser mantenidos dentro de los límites admitidos por las disposiciones oficiales vigentes.

- Se deberá procurar que las instalaciones de trituración y la planta asfáltica queden ubicadas en el mismo lote. Dichas instalaciones no se podrán situar en sitios ecológicamente sensibles, áreas con presencia de especies bióticas protegidas o en peligro de extinción, lugares con nivel freático cercano a la superficie o zonas con riesgo alto de inestabilidad geotécnica. El área deberá ser aislada con malla o lonas para reducir la dispersión de materiales.
- El vertimiento de cualquier desperdicio sólido a cauces o láminas de agua está prohibido.
- El horario nocturno de trabajo deberá ser limitado para no alterar la tranquilidad de la zona, en particular si las instalaciones están ubicadas cerca de zonas habitadas. Esta exigencia es también válida para la planta asfáltica y los trabajos mismos de construcción en la vía.
- Junto a las instalaciones de trituración se deberán construir piscinas de sedimentación para la retención del polvo mineral que se pueda producir en exceso.
- Al concluir la fase de explotación de las fuentes, el Constructor deberá readecuar los relieves del área, dejando los taludes con inclinaciones similares a las del entorno y con sus bordes superiores redondeados y realizará la recuperación del sistema de drenaje del lugar.
- Al desocupar las áreas de explotación y procesamiento, el Constructor deberá retirar todos los vestigios de ocupación del lugar, tales como estructuras, pisos, caminos internos, estacionamientos, escombros, etc. Así mismo, deberá descompactar los suelos y restaurar la vegetación y el paisaje.

400.4.7.3 Plantas de mezcla en general

- Ninguna planta de mezcla se podrá instalar a menos de doscientos metros (200 m), medidos desde el mezclador, de residencias, clínicas, colegios, y otras construcciones comunitarias.

- Las plantas productoras de mezcla asfáltica deberán cumplir con lo establecido en la reglamentación vigente sobre protección y control de calidad del aire y para su funcionamiento en la obra se deberá presentar al Instituto Nacional de Vías la correspondiente autorización, expedida por la entidad nacional o regional encargada de otorgar tales permisos.
- Las plantas no se podrán operar sin las licencias requeridas y, durante el desarrollo de los trabajos, se deberán mantener en condiciones de operación dentro de lo prescrito en dichas licencias y en estas especificaciones.
- La planta deberá contar con un sistema apropiado de control de polución de aire, conforme con los patrones establecidos en la legislación vigente.
- Los sitios de acopio de los agregados fríos deberán disponer de cobertura y de protecciones laterales para evitar la generación de emisiones fugitivas durante las operaciones de carga y descarga.
- La banda transportadora de los agregados fríos deberá ser protegida contra la acción del viento.
- Se deberán implementar procedimientos que permitan que la alimentación al mezclador (mezclas en frío) o al secador (mezclas en caliente) se realice sin emisiones visibles a la atmósfera.
- Se deberán mantener limpias las vías internas de acceso a la planta.
- Se deberán mantener en buenas condiciones todos los equipos de proceso y de control.
- Las instalaciones deberán contar con una señalización adecuada para el tránsito que circule dentro de ellas.

400.4.7.4 Plantas de mezcla en caliente

- Se deberán operar con un combustible ambientalmente autorizado.
- Se deberá mantener la presión negativa en el tambor secador cuando la planta esté en operación, para evitar emisiones de partículas a la entrada y a la salida de ésta.
- En las plantas discontinuas, se deberán dotar al sistema de clasificación en caliente y al mezclador, de sistemas de escape hacia los dispositivos de control de polución de aire, para evitar la emisión de vapores y partículas a la atmósfera.
- Los silos de almacenamiento del llenante mineral deberán disponer de un sistema propio de filtración en seco.
- Se deberán adoptar procedimientos operacionales que eviten la emisión de partículas provenientes de los sistemas de limpieza de los filtros de mangas y de reciclado del polvo mineral.

400.4.7.5 Transporte de agregados y mezclas

- El Constructor deberá tener en cuenta y cumplir todas las disposiciones sobre tránsito automotor y medio ambiente, emanadas por las autoridades competentes, en especial el Ministerio de Transporte y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Cuando viajen cargados, los vehículos deberán tener un cobertor adecuado, debidamente asegurado, que impida el vertido de la carga sobre las vías por las que circulan.
- Antes de entrar a vías pavimentadas, se deberán limpiar cuidadosamente las llantas de los vehículos. Los materiales resultantes de dicha limpieza no podrán ser arrojados a la zona de derecho de vía, ni a cursos de agua, ni a estructuras de drenaje superficial.

400.4.7.6 Transporte de materiales contaminantes o peligrosos

- Los materiales tales como combustibles, lubricantes, explosivos, asfaltos, aguas servidas no tratadas, desechos y basuras se deberán transportar y almacenar adoptando las medidas necesarias para evitar derrames, pérdidas o daños por lluvias, hurtos o incendios.
- El Constructor deberá tener en cuenta y cumplir todas las disposiciones sobre tránsito automotor y medio ambiente, emanadas por las autoridades competentes, en especial el Ministerio de Transporte y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

400.4.7.7 Ejecución de riegos

- Se deberá vigilar la viscosidad del ligante, para impedir que el riego fluya hacia las cunetas y zonas ajenas a la superficie por tratar.
- Los tratamientos superficiales terminados deberán ser barridos adecuadamente para eliminar partículas sueltas, las cuales pueden ser proyectadas peligrosamente por las llantas hacia otros vehículos o hacia las zonas aledañas a la vía.
- Tanto cuando se construyan riegos como capas de mezcla, las operaciones de limpieza inherentes a cada actividad sólo se podrán efectuar con escobas o sopladores mecánicos, cuando ello esté permitido por la autoridad ambiental competente.

400.4.7.8 Extensión y compactación de mezclas

- Se deberán implementar medidas de seguridad industrial para proteger al personal durante las operaciones de extensión y compactación de mezclas en caliente.
- Se deberá implementar un plan de control del tránsito, si las operaciones se desarrollan con la vía abierta al tránsito público.
- No se permitirá la disposición de residuos en las zonas aledañas a la superficie pavimentada.

400.4.7.9 Fresado de pavimentos asfálticos

- Se deberá implementar un plan para el control y ordenamiento del tránsito automotor durante el desarrollo de los trabajos.
- La superficie fresada deberá ser cubierta a la mayor brevedad, para corregir el impacto por generación de ruido.
- Los materiales fresados deberán ser transportados hasta vertederos que tengan debida licencia para su funcionamiento, donde serán depositados atendiendo las indicaciones de los documentos técnicos y ambientales del proyecto, y las instrucciones del Interventor.
- Se deberá evitar la contaminación del material fresado con suelos u otros materiales extraños.
- La operación de barrido de la superficie fresada no podrá causar molestias por producción de polvo, a las personas y bienes vecinos a la vía.

400.4.7.10 Reciclado de pavimentos asfálticos

- Se deberá implementar un plan de control y ordenamiento del tránsito automotor durante el desarrollo de los trabajos de reciclado en el lugar.
- Los materiales que resulten descartados del proceso deberán ser conducidos a vertederos apropiados.
- Si en el proceso de reciclado en el lugar se incorporan estabilizantes en polvo, se deberán tomar medidas para evitar las molestias que pueda causar su dispersión por la acción del viento.
- Para los reciclados en planta en caliente resultan aplicables los cuidados indicados en el numeral 400.4.7.4.

400.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

400.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan todos los requisitos de calidad correspondientes a la partida de trabajo respectiva.
- Verificar el acatamiento de todas las medidas requeridas sobre seguridad y medio ambiente.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado como resultado de la fase de experimentación, en cuanto a la elaboración y manejo de los agregados, así como la manufactura, transporte, colocación y compactación de los tratamientos y mezclas asfálticas.
- Ejecutar ensayos de control de mezcla, de densidad de las probetas y de las mezclas de referencia, de densidad de la mezcla asfáltica compactada in situ, de extracción de asfalto y granulometría; así como controlar las temperaturas de mezclado, descarga, extendido y compactación de las mezclas (los requisitos de temperatura son aplicables sólo a las mezclas elaboradas en caliente).
- Efectuar ensayos de control de mezcla, tasa de aplicación, extracción de asfalto y granulometría en lechadas asfálticas.
- Ejecutar ensayos para verificar las dosificaciones de agregados y ligante en tratamientos superficiales, así como la granulometría de aquellos.
- Efectuar ensayos para verificar las dosificaciones del ligante en riegos de liga y curado e imprimaciones.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y de las mezclas o lechadas asfálticas, durante el período de ejecución de las obras.

- Efectuar pruebas para verificar la eficiencia de los productos mejoradores de adherencia, siempre que ellos se incorporen.
- Realizar las medidas necesarias para determinar espesores, levantar perfiles, medir la textura superficial y la resistencia al deslizamiento y comprobar la uniformidad de la superficie, siempre que ello corresponda.

El Interventor evaluará las fórmulas de trabajo presentadas por el Constructor y las aprobará cuando corresponda.

La toma de muestras para la ejecución de los diferentes ensayos de control, se adelantará de acuerdo con las siguientes normas de ensayo INV: E-201 para agregados pétreos y llenantes minerales, E-701 para materiales bituminosos y E-731 para mezclas asfálticas.

El Constructor rellenará con mezcla asfáltica, de la misma calidad de la extraída, y sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, todos los orificios realizados con el fin de medir densidades en el terreno y compactará el material de manera que su densidad cumpla con los requisitos indicados en la respectiva especificación.

También cubrirá, sin costo para el Instituto Nacional de Vías, las áreas en las que el Interventor efectúe verificaciones de la dosificación de riegos de imprimación, liga y curado, tratamientos superficiales y lechadas asfálticas.

400.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Tanto las condiciones específicas de recibo como las tolerancias para las obras ejecutadas, se indican en los Artículos correspondientes a las respectivas partidas de trabajo. Todos los ensayos y mediciones requeridos para el recibo de los trabajos especificados, estarán a cargo del Interventor (opción 1 del numeral 107.2.2, Artículo 107), salvo que el Pliego de Condiciones del contrato establezca otra cosa (opciones 2 o 3 del citado numeral).

Para los fines de determinar la conformidad con estas especificaciones, un valor calculado u observado se deberá redondear “a la unidad más cercana” en el último dígito de la derecha usado para expresar el límite de

la especificación, en acuerdo con el método del redondeo de la norma INV E-823.

Aquellas áreas donde los defectos de calidad y las irregularidades excedan las tolerancias, deberán ser corregidas por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a satisfacción de éste, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

400.6 MEDIDA

400.6.1 Ejecución de riegos de imprimación y liga, tratamientos superficiales, sellos de arena- asfalto y lechadas asfálticas.

La unidad de medida será el metro cuadrado (m^2), aproximado al entero, de todo trabajo ejecutado a satisfacción del Interventor, de acuerdo con lo exigido por la especificación respectiva. El área se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje del trabajo, por el ancho especificado en los planos u ordenado por el Interventor. No se medirá ningún área por fuera de tales límites.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No habrá lugar a medida, para efecto de pago separado, del riego de curado que se aplique sobre una capa tratada con un conglomerante hidráulico, con el fin de brindar impermeabilidad a toda su superficie.

400.6.2 Ejecución de mezclas en frío y en caliente y reciclado de pavimentos

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3) aproximado al décimo de metro cúbico, de mezcla elaborada, suministrada y compactada en obra a satisfacción del Interventor, de acuerdo con lo exigido en la especificación respectiva.

El volumen se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje del trabajo, por el ancho y espesor especificados en los planos u ordenados por el Interventor. No se medirá ningún volumen por fuera de tales límites.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

400.6.3 Ejecución de bacheos con mezcla asfáltica

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3) aproximado al décimo de metro cúbico, de bacheo con mezcla asfáltica ejecutado a satisfacción del Interventor, de acuerdo con lo exigido en la especificación respectiva.

El volumen se determinará multiplicando la superficie en donde el Interventor haya autorizado el trabajo, por el espesor compacto promedio en que se haya colocado la mezcla, de acuerdo con la especificación respectiva. No se medirá ningún volumen por fuera de tales límites.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

400.7 FORMA DE PAGO

400.7.1 Aspectos generales

Los siguientes aspectos generales aplican para todos los ítems de pago correspondientes a los diferentes Artículos del Capítulo 4 y, por lo tanto, forman parte conjunta con los numerales 400.7.2, 400.7.3 y 400.7.4, el que corresponda en cada caso particular.

En los casos en que el trabajo incluya el empleo de agregados pétreos vírgenes, el precio unitario deberá cubrir todos los costos de su adquisición, obtención de todos los permisos y derechos de explotación o alquiler de fuentes de materiales y canteras; la obtención de licencias ambientales, las instalaciones provisionales, los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes y canteras; la preparación de las zonas por explotar, así como todos los costos relacionados con la explotación, selección, trituración, eventual lavado, suministro de los materiales pétreos y llenante mineral, desperdicios, cargues, transportes, descargues, clasificación, colocación, mezcla, extensión y compactación de los materiales utilizados, en los casos en que ello corresponda.

También, deberá incluir los costos de adecuación paisajística de las fuentes para recuperar las características hidrológicas superficiales al terminar su explotación y demás requisitos establecidos en el Artículo 106 “Aspectos Ambientales” de las presentes especificaciones y en la normativa ambiental vigente; así como los costos de la definición de la

fórmula de trabajo cuando se requiera; los de la fase de experimentación; los costos de los desvíos que fuese necesario construir con motivo de la ejecución de las obras; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos y el período posterior en que se deba impedir o controlar, de acuerdo con las instrucciones del Interventor.

En relación con los explosivos, el Constructor deberá considerar dentro del respectivo precio unitario todos los costos que implican su adquisición, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control hasta el sitio e instante de utilización.

Los agregados empleados para el reciclado de pavimentos en frío o en caliente que provengan del fresado o de la recuperación de capas de pavimentos de carreteras a cargo del Instituto Nacional de Vías son de propiedad de éste y, por lo tanto, su suministro para la elaboración de mezclas recicladas no será objeto de pago alguno al Constructor.

En todos los casos, el precio unitario deberá incluir el barrido y soplado de la superficie existente; la preparación de la superficie existente se considera incluida en el ítem referente a la ejecución de la capa a la cual corresponde dicha superficie y, por lo tanto, no habrá lugar a pago separado por este concepto, a no ser que dicho ítem no haga parte del mismo contrato, caso en el cual el Constructor deberá considerar el costo de la preparación de la superficie existente dentro del ítem objeto del pago.

400.7.2 Ejecución de riegos de imprimación y liga, tratamientos superficiales, sellos de arena-asfalto y lechadas asfálticas.

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por metro cuadrado (m^2), para toda obra ejecutada de acuerdo con la respectiva especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

En el caso de riegos de liga que se deban colocar sobre una capa cubierta por un riego de curado, el precio unitario del riego de liga deberá incluir el costo de todas las operaciones necesarias para la eliminación del riego de curado.

En todos los casos, el precio unitario deberá incluir el suministro en el sitio, almacenamiento, desperdicios y aplicación de los materiales bituminosos, modificadores, agua y aditivos mejoradores de adherencia y de control de rotura que se requieran; la protección de todos los elementos aledaños a la zona de los trabajos y que sean susceptibles de

ser manchados por los riegos de asfalto, así como toda labor, mano de obra, equipo o material necesarios para la correcta ejecución de los trabajos especificados.

En el caso de las lechadas asfálticas, el precio unitario deberá incluir la elaboración de la mezcla en el equipo de fabricación y extensión.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

Se exceptúa el costo de suministro, almacenamiento, desperdicios y aplicación de materiales bituminosos en las paredes de la excavación y la superficie sobre la que ha de colocarse mezcla asfáltica en operaciones de bacheo, el cual se deberá incluir dentro del precio unitario de dicha mezcla.

400.7.3 Ejecución de mezclas en frío y en caliente y bacheos con mezcla asfáltica

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por metro cúbico (m^3), para toda obra ejecutada de acuerdo con la respectiva especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir todos los costos de la elaboración, colocación, nivelación y compactación de las mezclas elaboradas.

En el caso de mezclas en frío, el precio unitario deberá incluir, también, los costos de extracción, bombeo, transporte, suministro y aplicación del agua requerida, así como el curado de las mezclas compactadas.

El precio unitario también deberá incluir el suministro y aplicación del asfalto para la pintura de adherencia en las juntas del pavimento y en las caras verticales y la superficie sobre la cual se colocará mezcla asfáltica durante el relleno de las excavaciones para reparación del pavimento existente (bacheo) y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de la capa respectiva, así como los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

En las mezclas asfálticas que se elaboren en caliente, salvo las contempladas en el Artículo 451, el precio unitario deberá incluir, también, los costos por el registro fotográfico infrarrojo para establecer las temperaturas de colocación y compactación de las mezclas en obra.

Se excluyen del precio unitario el suministro y el almacenamiento del producto asfáltico para la mezcla, los cuales se pagarán de acuerdo con la especificación referente a dicho producto. En caso de que se requieran aditivos mejoradores de adherencia, su costo deberá estar incluido dentro del precio unitario de la mezcla.

Las excavaciones para la reparación de un pavimento asfáltico existente se pagarán de acuerdo con el Artículo 465 de las presentes especificaciones, excepto las que queden taxativamente cubiertas por el Artículo 460.

400.7.4 Ejecución de reciclado de pavimentos asfálticos

El pago se hará al precio unitario del contrato, por metro cúbico (m³), por toda obra ejecutada de acuerdo con la respectiva especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

En los casos en que el trabajo requiera la incorporación de agregados pétreos nuevos, el precio unitario deberá incluir todos los costos de suministro, de acuerdo con el numeral 400.7.1.

En el caso de reciclado de pavimentos en frío, el precio unitario deberá incluir todos los costos por concepto de cortar y disgregar las capas asfálticas y granulares. También, deberá incluir todos los costos de la extracción, bombeo, transporte, suministro, aplicación y mezcla del agua requerida, según se haya definido en la fórmula de trabajo, o la eventual aireación de la mezcla preparada; así como los del suministro e incorporación de los mejoradores de adherencia y de los controladores de rotura de la emulsión asfáltica; los de la aplicación y mezcla del agente de reciclado y de los demás elementos de aporte, incluyendo el calentamiento del cemento asfáltico en el caso de reciclados del tipo asfalto espumado; la extensión de la mezcla elaborada, su nivelación, compactación y perfilado y el suministro y aplicación de la emulsión y arena requeridas para los riegos de curado y su barrido; el retiro y disposición final de sobretamaños y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del reciclado en frío del pavimento.

Se excluyen del precio unitario del reciclado de pavimentos en frío en el lugar, los costos referentes a la demolición parcial y posterior reconstrucción de las estructuras de servicios públicos que requieran este tratamiento, según lo indicado en el numeral 461.4.4 del Artículo 461. La

ejecución de estos trabajos se pagará de acuerdo con la especificación particular respectiva.

En el caso de reciclado de pavimentos en planta y en caliente, el precio unitario deberá incluir los costos de acopio, tratamiento y caracterización de los materiales fresados por reciclar; los de fabricación de la mezcla reciclada en caliente; los de almacenamientos eventuales de la mezcla elaborada y los de su transporte, descarga, extensión, nivelación y compactación en obra, así como los que implique el registro fotográfico infrarrojo para dejar constancia de las temperaturas de colocación y compactación de la mezcla.

El precio unitario del reciclado de pavimentos en planta y en caliente deberá incluir, también, todos los costos de suministro e incorporación en la mezcla del llenante mineral y de los mejoradores de adherencia que se requieran de acuerdo con lo que establezca la fórmula de trabajo y los de incorporación del cemento asfáltico nuevo y de los agentes rejuvenecedores de reciclado que sean necesarios para recuperar las propiedades del asfalto incluido en la mezcla disgregada; así como los correspondientes a cargues, almacenamiento, transportes, descargues, desperdicios, extensión y compactación de la mezcla reciclada; y el suministro y aplicación del asfalto para la pintura de adherencia en las juntas del pavimento y en las caras verticales y la superficie sobre la cual se colocará mezcla asfáltica reciclada en caliente durante el relleno de las excavaciones para reparación del pavimento existente (bacheo) y, en general, todo costo relacionado con la correcta y completa ejecución del trabajo especificado en el Artículo 462.

Se excluyen del precio unitario del reciclado de pavimentos asfálticos en planta y en caliente todos los costos por concepto de disgregar las capas asfálticas en el espesor indicado en los documentos del proyecto u ordenado por el Interventor, así como su cargue, transporte y disposición en los sitios de acopio aprobados, los cuales se pagarán con cargo al Artículo 460, “Fresado de Pavimentos Asfálticos”.

Formarán parte del precio unitario, tanto de los reciclados en frío como en caliente, los costos de la definición de la fórmula de trabajo, los de la fase de experimentación y los de la adecuación paisajística de las fuentes que se hayan explotado para la obtención de los agregados nuevos, de manera de recuperar las características hidrológicas superficiales al terminar su explotación y demás requisitos establecidos en el Artículo 106 “Aspectos Ambientales” de las presentes especificaciones y en la

normativa ambiental vigente; también, todos los costos relacionados con la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos y el período adicional que fije el Interventor; los costos de los desvíos que fuese necesario construir con motivo de la ejecución de las obras; así como los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

En los reciclados con productos bituminosos, se excluye del precio unitario el suministro del cemento asfáltico o la emulsión asfáltica, el cual se pagará de acuerdo con lo que establecen los Artículos 410 y 411, respectivamente. También, se excluyen el costo del suministro de los elementos de aporte (puzolanas) citados en el numeral 461.2.3 del Artículo 461 para el reciclado en frío y el del rejuvenecedor del asfalto para el reciclado de mezclas en caliente, cuando éste se requiera, los cuales se pagarán de acuerdo con las especificaciones particulares respectivas.

En los reciclados que empleen ligantes hidráulicos, se excluye del precio unitario el suministro del agente de reciclado, el cual se pagará de acuerdo con lo que establezca la especificación particular que corresponda.

Las excavaciones requeridas para la reparación del pavimento existente, se pagarán de acuerdo con el Artículo 465 de las presentes especificaciones, salvo lo previsto en el numeral 465.1 de dicho Artículo.

SUMINISTRO DE CEMENTO ASFÁLTICO

ARTÍCULO 410 – 13

410.1 DESCRIPCIÓN

Esta especificación se refiere al suministro de cemento asfáltico para la fabricación de mezclas asfálticas que se elaboren de conformidad con lo establecido en los Artículos correspondientes de estas especificaciones.

410.2 MATERIALES

410.2.1 Definición

El cemento asfáltico es un producto bituminoso semi-sólido a temperatura ambiente, preparado a partir de hidrocarburos naturales mediante un proceso de destilación, el cual contiene una proporción muy baja de productos volátiles, posee propiedades aglomerantes y es esencialmente soluble en tricloroetileno.

410.2.2 Designación y especificaciones

La designación del cemento asfáltico será por grados de penetración, en décimas de milímetro (0.1 mm). El material por suministrar será de grado de penetración 40-50, 60-70 u 80-100, de acuerdo con las características de la mezcla y del proyecto, que cumpla los requisitos de calidad establecidos la Tabla 410 - 1.

En el caso de mezclas recicladas en caliente o en frío que requieran un cemento asfáltico de diferente penetración, su suministro se realizará conforme lo establezca la respectiva especificación particular.

410.2.3 Ensayos complementarios

Además de los ensayos básicos mencionados en el numeral anterior, el proveedor del asfalto deberá entregar la clasificación del asfalto por el sistema PG (Performance Grade), según la norma AASHTO M 320 "Standard Specification for Performance-Graded Asphalt Binder", acompañada de los resultados de los ensayos que definen la clasificación.

Tabla 410 - 1. Especificaciones del cemento asfáltico

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	GRADO DE PENETRACIÓN					
		40-50		60-70		80-100	
		MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX
Asfalto original							
Penetración (25° C, 100 g, 5 s), 0.1 mm	E-706	40	50	60	70	80	100
Punto de ablandamiento, °C	E-712	52	58	48	54	45	52
Índice de penetración	E-724	-1.2	+0.6	-1.2	+0.6	-1.2	+0.6
Viscosidad absoluta (60° C), P	E-716 o E-717	200 0	-	150 0	-	100 0	-
Ductilidad (25° C, 5 cm/min), cm	E-702	80	-	100	-	100	-
Solubilidad en tricloroetileno, %	E-713	99	-	99	-	99	-
Contenido de agua, %	E-704	-	0.2	-	0.2	-	0.2
Punto de inflamación mediante copa abierta de Cleveland, °C	E-709	240	-	230	-	230	-
Contenido de parafinas, %	E-718	-	3	-	3	-	3
Asfalto residual, luego de la prueba de acondicionamiento en película delgada rotatoria, norma de ensayo INV E-720							
Pérdida de masa por calentamiento, %	E-720	-	0.8	-	0.8	-	1.0
Penetración del residuo, en % de la penetración del asfalto original	E-706	55	-	50	-	46	-
Incremento en el punto de ablandamiento, °C	E-712	-	8	-	9	-	9
Índice de envejecimiento: relación de viscosidades (60° C) del asfalto residual y el asfalto original	E-716 o E-717	-	4	-	4	-	4

Los documentos del proyecto pueden establecer un requisito para la clasificación PG del asfalto. Si no lo establecen, la clasificación deberá ser, como mínimo, PG 64-22 para los asfaltos 40-50 y 60-70, y PG 58-22 para el asfalto 80-100; es decir, que la temperatura máxima asociada a la clasificación PG no deberá ser inferior a 64° C para los asfaltos 40-50 y 60-70 (58° C para el asfalto 80-100) y la mínima asociada a la clasificación PG no deberá ser inferior a -22° C para todos los asfaltos.

410.3 EQUIPO

En adición a las condiciones generales del Artículo 400, numeral 400.3, se deberá tener en cuenta lo siguiente:

410.3.1 Vehículos de transporte

El transporte del cemento asfáltico desde la planta de producción se deberá efectuar en caliente y a granel, en carrotanques con adecuados sistemas de calefacción y termómetros ubicados en sitios visibles. Deberán estar dotados, además, de los medios mecánicos que permitan el rápido trasvase de su contenido a los depósitos de almacenamiento. Así mismo, dispondrán de un elemento adecuado para la toma de muestras.

410.3.2 Depósitos de almacenamiento

El almacenamiento que requiera el cemento asfáltico antes de su aplicación, se realizará en tanques adecuados para tal fin, los cuales tendrán los aparatos de medida y seguridad necesarios para garantizar su correcto funcionamiento, situados en puntos de fácil acceso. Así mismo, dispondrán de una válvula adecuada para la toma de muestras.

Cuando los tanques de almacenamiento no dispongan de medios de carga propios, los carrotanques empleados para el transporte del cemento asfáltico deberán estar dotados de medios neumáticos o mecánicos apropiados para el trasvase rápido de su contenido a los tanques. Cuando se empleen bombas de trasvase, se preferirán las de tipo rotativo a las centrífugas. El trasvase desde el carrotanque al tanque de almacenamiento se realizará siempre por tubería directa.

Todas las tuberías usadas para el trasvase del cemento asfáltico del carrotanque al tanque de almacenamiento y de éste al equipo de empleo, deberán estar dispuestas de manera que se puedan limpiar fácilmente después de cada aplicación y/o jornada de trabajo.

410.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

410.4.1 Recibo del producto

A la llegada de cada carrotanque al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante del cemento asfáltico, con la siguiente información:

- Tipo de cemento asfáltico, de acuerdo con la denominación descrita en el numeral 410.2.2.
- Fechas de elaboración y despacho

- Resultados de ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, con la lista de verificación que muestre la conformidad con los requisitos establecidos en la Tabla 410 - 1.
- Clasificación del asfalto por el sistema PG (Performance Grade), acompañada de los resultados de los ensayos que la definen, según lo establecido en el numeral 410.2.3, con antigüedad no mayor a un (1) mes.

No se aceptará el empleo de suministros de cemento asfáltico que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

La certificación no evitará la ejecución de ensayos de comprobación por parte del Interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega. De todas maneras, el Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de cemento asfáltico que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

Con la frecuencia que el Interventor considere pertinente, se deberán comprobar los sistemas de transporte y trasvase y las condiciones de almacenamiento, en todo cuanto pueda afectar la calidad del material; el Interventor podrá ordenar la suspensión de la utilización del contenido del tanque o carrotanque, mientras se realizan las comprobaciones que estime convenientes de las características de calidad del cemento asfáltico.

410.4.2 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

410.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DEL PRODUCTO

410.5.1 Controles generales

Se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el cumplimiento de la legislación vigente en relación con las materias ambiental, de seguridad industrial, almacenamiento y transporte;

- Verificar el estado y funcionamiento de los equipos de transporte y almacenamiento del cemento asfáltico;
- Verificar que durante el vaciado de los carrotanques, no se lleven a cabo manipulaciones que puedan afectar la calidad del producto, generar incendios o poner en riesgo la integridad de la flora, ni la seguridad de personas, bienes o animales;
- Cada vez que el Interventor lo estime conveniente, se tomarán muestras para los ensayos que indica la Tabla 410 - 1 y se efectuarán las respectivas pruebas. Las muestras se deberán tomar de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma INV E-701;
- Verificar que no se produzca calentamiento excesivo del cemento asfáltico, antes de su mezcla con los agregados pétreos, que induzca la oxidación prematura del producto e impida que se ajuste a las exigencias del ítem en ejecución.

410.5.2 Controles específicos para el recibo y tolerancias

Se adelantarán las siguientes actividades:

- Comprobar, mediante muestras representativas de cada entrega, el grado de penetración, el punto de ablandamiento y la viscosidad del asfalto. En todos los casos, el Interventor guardará una muestra para eventuales ensayos ulteriores de contraste, cuando alguna de las partes manifieste inconformidad con los resultados iniciales. Si los resultados de las pruebas de contraste no son satisfactorios, se rechazará el producto y las partidas de trabajo que eventualmente se hubiesen fabricado con él.
- Realizar una vez por cada mes de ejecución de las obras y como mínimo tres (3) veces a intervalos convenientemente espaciados si la obra dura menos de tres (3) meses, todos los ensayos necesarios para verificar las características especificadas en la Tabla 410 - 1.
- Efectuar los ensayos necesarios para determinar la cantidad de cemento asfáltico incorporado en las mezclas que el Interventor haya aceptado a satisfacción.

En desarrollo de las dos primeras actividades citadas, no se admitirá tolerancia alguna en relación con los límites que se establecen en la Tabla

410 - 1 o en la especificación particular del proyecto. Por lo tanto, su incumplimiento implica el rechazo del producto.

En cuanto a la tercera, se aplicará la recomendación de la especificación correspondiente a la partida de trabajo que se esté controlando.

410.6 MEDIDA

El cemento asfáltico se medirá para pago en aquellas unidades de obra en que el Artículo correspondiente a la unidad de la que forme parte indique que su suministro se pagará por aparte. En este caso, la unidad de medida del cemento asfáltico será el kilogramo (kg), aproximado al kilogramo completo, incorporado en la mezcla asfáltica debidamente aceptada por el Interventor.

Para determinar la cantidad de cemento asfáltico por pagar, se calculará la masa de la mezcla aceptada en su posición final, mediante el producto del volumen aprobado por su densidad media en obra en cada lote y, posteriormente, aplicando a este valor el porcentaje de asfalto promedio que resulte de los ensayos de extracción sobre muestras representativas del volumen de mezcla aceptada.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

En el caso de mezclas recicladas, se deberá descontar la masa del asfalto incluido dentro del material que se está reciclando.

410.7 FORMA DE PAGO

En aquellas unidades de obra en que el Artículo indique que el suministro de cemento asfáltico se pagará por aparte, el pago se hará al precio unitario del contrato, por el cemento asfáltico efectivamente incorporado en la mezcla asfáltica, en su posición final, recibida a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de suministro del asfalto en obra, manejo, almacenamiento, calentamiento y transportes entre la planta de producción del asfalto y el sitio de colocación final. Además, deberá cubrir los costos por concepto de desperdicios y, en general, todo costo necesario para el correcto cumplimiento de esta especificación.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

410.8 ÍTEM DE PAGO

410.1	Cemento asfáltico de penetración 40-50	Kilogramo (kg)
410.2	Cemento asfáltico de penetración 60-70	Kilogramo (kg)
410.3	Cemento asfáltico de penetración 80-100	Kilogramo (kg)

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2 INVIAS

SUMINISTRO DE EMULSIÓN ASFÁLTICA

ARTÍCULO 411 – 13

411.1 DESCRIPCIÓN

Esta especificación se refiere al suministro de una emulsión asfáltica, del tipo y características de rotura apropiados, en el sitio de colocación de mezclas en frío, densas o abiertas, recicladas o estabilizadas, así como en el sitio de ejecución de riegos de imprimación, liga y curado, tratamientos superficiales, sellos de arena-asfalto, lechadas asfálticas e instalación de geotextiles y geomallas para repavimentación.

411.2 MATERIALES

411.2.1 Definición

Se definen como emulsiones asfálticas las dispersiones de pequeñas partículas de un cemento asfáltico en una solución de agua y un agente emulsificante de carácter catiónico, lo que determina la denominación de la emulsión. Deberán presentar un aspecto homogéneo y una adecuada dispersión del cemento asfáltico en la fase acuosa.

411.2.2 Designación

A efectos de la aplicación de este Artículo y de las presentes Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras, la denominación del tipo de emulsión asfáltica se compondrá de la letra C, representativa del emulsificante catiónico utilizado en su fabricación, seguida de las letras RR, RM o RL según su tipo de rotura (rápida, media o lenta). A continuación de las letras anteriores habrá un guión y el número 0, 1 o 2, indicativo del contenido de ligante residual en la emulsión. La letra h, que acompaña la denominación de una de las emulsiones de rotura lenta, indica que se trata de una emulsión de alta estabilidad.

Para las emulsiones CRR1, CRR-2 y CRL-1 se establecen dos rangos para la penetración del residuo:

- ARD: asfalto residual duro, para aplicaciones en zonas de clima cálido;
- ARB: asfalto residual blando, para aplicaciones en zonas de clima frío.

Las emulsiones asfálticas deberán cumplir con los requisitos de calidad establecidos en la Tabla 411 - 1.

En el caso de mezclas recicladas en frío que requieran una emulsión asfáltica de diferentes características, su suministro se realizará conforme lo establezca la respectiva especificación particular.

411.3 EQUIPO

411.3.1 Vehículos de transporte

El transporte de la emulsión asfáltica desde la planta de fabricación hasta el sitio de colocación, se realizará a granel, en carrotanques que no requieren aislamientos térmicos ni calefacción. Estarán dotados de los medios mecánicos que permitan el rápido traslado de su contenido a los depósitos de almacenamiento. Así mismo, dispondrán de un elemento adecuado para la toma de muestras.

411.3.2 Depósitos de almacenamiento

El almacenamiento que requiera la emulsión asfáltica antes de su uso, se realizará en tanques cilíndricos verticales, con tuberías de fondo para carga y descarga, las cuales se deberán encontrar en posiciones diametralmente opuestas. Los tanques tendrán bocas de ventilación para evitar que trabajen a presión y contarán con los aparatos de medida y seguridad necesarios para garantizar su correcto funcionamiento, situados en puntos de fácil acceso. Así mismo, dispondrán de una válvula adecuada para la toma de muestras. Deberán, además, estar provistos de elementos que permitan la recirculación de la emulsión, cuando ésta se deba almacenar por tiempo prolongado.

Cuando los tanques de almacenamiento no dispongan de medios de carga propios, los carrotanques empleados para el transporte de la emulsión asfáltica deberán estar dotados de medios neumáticos o mecánicos apropiados para el trasvase rápido de su contenido a los tanques. Cuando se empleen bombas de trasvase, se preferirán las de tipo rotativo a las centrífugas. El trasvase desde el carrotanque al tanque de almacenamiento se realizará siempre por tubería directa.

Tabla 411 - 1. Especificaciones de emulsiones asfálticas catiónicas

ENSAYOS SOBRE LA EMULSIÓN	NORMA DE ENSAYO INV	ROTURA RÁPIDA				ROTURA MEDIA		ROTURA LENTA					
		CRR - 1		CRR - 2		CRM		CRL - 0		CRL - 1		CRL - 1h	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Viscosidad Saybolt Furol a 25°C, s Saybolt Furol a 50°C, s	E-763	20	100	-	-	-	-	-	50	20	200	20	100
Contenido de agua, %	E-761	-	40	-	35	-	35	-	50	-	43	-	43
Estabilidad durante almacenamiento (24 horas), % Sedimentación a los 5 días, %	E-764	-	1 5	-	1 5	-	1 5	-	- 10	-	1 5	-	1 5
Destilación Contenido de asfalto residual, % Contenido de aceite, %	E-762	60	- 3	65	- 3	65	- 12	40 10	- 20	57	- -	57	- -
Tamizado Retenido tamiz No. 20 (850 µm), %	E-765	-	0.10	-	0.10	-	0.10	-	0.10	-	0.10	-	0.10
Demulsibilidad, %	E-766	40	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rotura en ensayo de mezcla con cemento, %	E-770	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0
Carga de partícula	E-767	Positiva		Positiva		Positiva		Positiva		Positiva		Positiva	
pH	E-768	-	6	-	6	-	6	-	6	-	6	-	6
Cubrimiento del agregado y resistencia al desplazamiento - Con agregado seco - Con agregado seco y acción del agua - Con agregado húmedo - Con agregado húmedo y acción del agua	E-769	-	-	-	-	Buena Satisfactoria Satisfactoria Satisfactoria		-	-	-	-	-	-
Ensayos sobre el residuo de destilación													
Penetración (25° C ,100 gr, 5 s), 0.1 mm - ARD - ARB	E-706	60 100	100 250	60 100	100 250	100	250	200	300	60 100	100 250	60	100
Ductilidad (25° C ,5 cm/min) , cm	E-702	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-
Solubilidad en tricloroetileno, %	E-713	97.5	-	97.5	-	97.5	-	97.5	-	97.5	-	97.5	-

Todas las tuberías usadas para el trasvase de la emulsión asfáltica, del carrotanque al tanque de almacenamiento y de éste al equipo de empleo, deberán estar dispuestas de manera que se puedan limpiar fácilmente después de cada aplicación y/o jornada de trabajo.

411.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

411.4.1 Recibo del producto

A la llegada de cada carrotanque al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante de la emulsión, con la siguiente información:

- Tipo de emulsión asfáltica y velocidad de rotura;
- Fechas de elaboración y despacho;
- Resultados de ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, con la lista de verificación que muestre la conformidad con los requisitos establecidos en la Tabla 411 - 1 o lo que indique la respectiva especificación particular, en los casos en que se autorice el empleo de una emulsión asfáltica de características diferentes.

No se aceptará el empleo de suministros de emulsión asfáltica que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

La certificación no evitará la ejecución de ensayos de comprobación por parte del Interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega. De todas maneras, el Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de emulsión asfáltica que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

Con la frecuencia que el Interventor considere pertinente, se deberán comprobar los sistemas de transporte y trasvase y las condiciones de almacenamiento, en todo cuanto pueda afectar la calidad del material; el Interventor podrá ordenar la suspensión de la utilización del contenido del tanque o carrotanque, mientras realiza las comprobaciones que estime convenientes de las características de calidad de la emulsión asfáltica.

El empleo de la emulsión asfáltica en la elaboración de riegos, tratamientos superficiales, sellos de arena-asfalto, lechadas asfálticas, mezclas y estabilizaciones, se hará conforme se establece en la especificación correspondiente a la partida de trabajo de la cual formará parte.

411.4.2 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

411.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DEL PRODUCTO

411.5.1 Controles generales

Se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar que en las operaciones de suministro de la emulsión asfáltica, el Constructor cumpla la legislación vigente en relación con las materias ambiental, de seguridad industrial, almacenamiento y transporte.
- Verificar el estado y funcionamiento de los equipos de transporte y de almacenamiento de la emulsión asfáltica.
- Verificar que durante el vaciado de los carrotanques, no se lleven a cabo manipulaciones que puedan afectar la calidad del producto, generar incendios o poner en riesgo la integridad de la flora ni la seguridad de personas, bienes o animales.
- Tomar muestras para los ensayos que indica la Tabla 411 - 1 y efectuar las respectivas pruebas, cada vez que el Interventor lo estime conveniente. Las muestras se deberán tomar de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma INV E-701.

411.5.2 Controles específicos para el recibo y tolerancias

Al respecto, se adelantarán las siguientes verificaciones:

- Comprobar, mediante muestras representativas de cada entrega, el tipo de emulsión, su contenido de agua y la penetración del

residuo. En todos los casos, el Interventor guardará una muestra para eventuales ensayos ulteriores de contraste, cuando alguna de las partes manifieste inconformidad con los resultados iniciales. Si los resultados de las pruebas de contraste no son satisfactorios, se rechazará el producto y las partidas de trabajo que eventualmente se hubiesen fabricado con él.

- Comprobar una vez por cada mes de ejecución de las obras y como mínimo tres (3) veces a intervalos convenientemente espaciados si la obra dura menos de tres (3) meses, todos los ensayos necesarios para verificar las características especificadas en la Tabla 411 - 1 o en la especificación particular del proyecto.
- Efectuar los ensayos necesarios para determinar la cantidad de emulsión asfáltica incorporada en riegos, tratamientos superficiales, sellos de arena-asfalto, lechadas asfálticas, mezclas, reciclados y estabilizaciones.

En desarrollo de las dos primeras actividades, no se admitirá ninguna tolerancia en relación con los límites que se establecen en la Tabla 411 - 1 o en la especificación particular del proyecto y en cuanto a la tercera, se aplicará lo que recomiende la especificación correspondiente a la partida de trabajo que se esté controlando.

Si la emulsión ha estado almacenada durante un plazo superior a quince (15) días antes de su empleo, se deberán realizar determinaciones del contenido de asfalto residual y tamizado sobre muestras representativas de las partes superior e inferior de la emulsión almacenada. En caso de que no se cumpla lo establecido para estas características en la Tabla 411 - 1, se procederá a su homogeneización y a la realización de nuevos ensayos y si los resultados de estos últimos no resultan satisfactorios, la emulsión será rechazada.

411.6 MEDIDA

La unidad de medida de la emulsión asfáltica será el litro (l), aproximado al litro completo, de emulsión incorporada en las mezclas y estabilizaciones ejecutadas a satisfacción del Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida para cada uno de los ítems, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

Debido a que al aplicar la emulsión en obra pierde el agua que contiene, la determinación de la cantidad de emulsión realmente utilizada se hará a partir del peso de la mezcla o estabilización aceptada en su posición final, el cual se obtendrá multiplicando el volumen aprobado por la densidad media obtenida en obra en cada lote. Al peso así determinado, se le aplicará el porcentaje promedio de asfalto que resulte de los ensayos de extracción sobre muestras representativas de la mezcla aceptada.

En el caso de mezclas recicladas, se deberá descontar el peso del asfalto incluido dentro del material que se está reciclando.

Como este valor corresponde únicamente a asfalto residual, su conversión a emulsión asfáltica se realizará de acuerdo con la concentración de ésta. Por último, la conversión de peso de emulsión a volumen se realizará considerando una densidad de un kilogramo por litro (1 kg/l). Para efectos de pago, se considerará siempre una emulsión asfáltica con una concentración de sesenta por ciento (60 %); por lo tanto, si la emulsión suministrada y utilizada tiene una concentración diferente, se hará la conversión correspondiente mediante la expresión:

$$\text{Volumen para pago} = \text{Volumen aplicado} \times \frac{C}{60 \%} \quad [411.1]$$

Siendo: C: Concentración de la emulsión empleada, en porcentaje.

No habrá medida, para efectos de pago separado, de la emulsión asfáltica utilizada en riegos de imprimación, liga y curado, tratamientos superficiales simples y dobles, sellos de arena-asfalto, y lechadas asfálticas e instalación de geotextiles y geomallas para repavimentación

411.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al precio unitario del contrato, por la emulsión asfáltica efectivamente incorporada en las mezclas o estabilizaciones en su posición final, recibidas a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de suministro de la emulsión en obra, manejo, almacenamiento y transportes entre la planta de fabricación de la emulsión y el sitio de colocación final. Además, deberá cubrir los costos por concepto de desperdicios, y, en general, todo costo necesario para el correcto cumplimiento de esta especificación.

Deberá cubrir, también, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

No habrá ningún pago separado por concepto de la emulsión asfáltica incorporada en riegos de imprimación, riegos de liga, tratamientos superficiales simples, tratamientos superficiales dobles, sellos de arena-asfalto, lechadas asfálticas e instalación de geotextiles y geomallas para repavimentación. En consecuencia, todos los costos relacionados con su suministro y correcta aplicación en estas partidas de trabajo, se deberán incluir en el precio unitario del ítem del cual formará parte, según se establece en los Artículos 420, 421, 430, 431, 432, 433, 464 y 467, respectivamente.

Tampoco habrá pago separado por concepto de la emulsión asfáltica incorporada en riegos de curado, a los cuales hace referencia el Artículo 422. Todos los costos relacionados con su suministro y correcta aplicación se deberán incluir en el precio unitario de la capa sobre la cual se aplica.

411.8 ÍTEM DE PAGO

411.1	Emulsión asfáltica de rotura media CRM	Litro (l)
411.2	Emulsión asfáltica de rotura lenta CRL-1 ARD	Litro (l)
411.3	Emulsión asfáltica de rotura lenta CRL-1 ARB	Litro (l)
411.4	Emulsión asfáltica de rotura lenta CRL-1h	Litro (l)

SUMINISTRO DE ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA

ARTÍCULO 412 – 13

412.1 DESCRIPCIÓN

Esta especificación se refiere al suministro un aditivo mejorador de adherencia para la fabricación de tratamientos y mezclas asfálticas que se elaboren de conformidad con lo establecido en los Artículos correspondientes de estas especificaciones.

412.2 MATERIALES

Se empleará un aditivo mejorador de adherencia debidamente respaldado por la experiencia, el cual deberá cumplir los requisitos de las especificaciones señaladas por su fabricante

El aditivo deberá garantizar el grado de afinidad requerido entre el par asfalto-agregado, según el tratamiento o mezcla que se esté ejecutando.

412.3 EQUIPO

En adición a lo que resulte pertinente del numeral 400.3 del Artículo 400, aplica lo siguiente:

412.3.1 Empaque

Para su traslado al sitio de las obras, el aditivo se podrá empacar en bolsas, canecas o a granel. Las bolsas sólo se podrán emplear cuando el aditivo sea sólido.

412.3.2 Vehículos de transporte

Si el suministro se hace en bolsas o canecas, el transporte podrá efectuarse en cualquier camión convencional. El vehículo deberá disponer de lonas o cobertores adecuados, debidamente asegurados a su carrocería, que protejan al aditivo durante su transporte.

Si el suministro se realiza a granel, se deberán emplear camiones cisterna dotados de dispositivos mecánicos que permitan el rápido traslado de su contenido a los depósitos de almacenamiento.

412.3.3 Depósitos de almacenamiento

El depósito de los aditivos suministrados en bolsas o canecas deberá ser ventilado y cubierto y disponer de los elementos que aseguren la protección del producto contra los agentes atmosféricos, particularmente la humedad proveniente tanto del suelo como de las paredes del almacén.

Los silos de almacenamiento de aditivos suministrados a granel deberán estar completamente aislados contra la humedad y dispondrán de sistemas apropiados para su rápido llenado y vaciado.

412.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

412.4.1 Aspectos generales

La incorporación del aditivo mejorador de adherencia en los tratamientos y mezclas se hará en la proporción definida en el diseño de éstos, siguiendo el procedimiento establecido por el fabricante.

412.4.2 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

412.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DEL PRODUCTO

412.5.1 Controles generales

Se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar que en las operaciones de suministro del aditivo mejorador de adherencia, el Constructor cumpla la legislación vigente en relación con las materias ambiental, de seguridad industrial, almacenamiento y transporte.
- Llevar un registro detallado del período de almacenamiento de cada lote de aditivo, impidiendo el empleo de cualquier aditivo con posterioridad a su fecha de vencimiento.

- Verificar que durante el manejo del aditivo no se efectúen operaciones que puedan afectar su calidad.
- Comprobar la correcta incorporación del aditivo en el tratamiento o mezcla.
- Cada vez que el Interventor lo estime conveniente, se tomarán muestras del producto para la ejecución eventual de pruebas de control, las cuales se deberán realizar de acuerdo con los procedimientos previstos por el fabricante.

412.5.2 Controles específicos para el recibo y tolerancias

Se deberá comprobar que con la cantidad de aditivo efectivamente incorporada en el tratamiento o mezcla se satisfacen los requisitos de adhesividad exigidos en los Artículos correspondientes; no se admitirá ninguna tolerancia en relación con la cantidad de aditivo por incorporar.

412.6 MEDIDA

No habrá lugar a medida, para efectos de pago separado, del aditivo mejorador de adherencia que se deba incorporar en los tratamientos o mezclas que lo requieran, para garantizar el cumplimiento de las exigencias de adhesividad de la respectiva especificación.

412.7 PAGO

No habrá pago separado por el aditivo mejorador de adherencia. Por lo tanto, todos los costos de suministro, patente, manejo, almacenamiento, desperdicios, cargues, transportes, descargues, incorporación y cualquier otro costo requerido para la correcta ejecución de los trabajos, se deberán incluir dentro del precio unitario del tratamiento o mezcla respectivo.

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente
NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

SUMINISTRO DE CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO CON GRANO DE CAUCHO RECICLADO

ARTÍCULO 413 – 13

413.1 DESCRIPCIÓN

Esta especificación se refiere al suministro de cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado en el sitio de elaboración de las mezclas asfálticas que se elaboren con dicho producto, de conformidad con lo establecido en los Artículos correspondientes de estas especificaciones.

El cemento asfáltico modificado con caucho reciclado se usará únicamente en aquellas mezclas en las cuales los documentos técnicos del proyecto especifiquen su uso.

413.2 MATERIALES

413.2.1 Definiciones

El cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado es un ligante hidrocarbonado resultante de la mezcla de cemento asfáltico, grano de caucho reciclado (GCR) y, eventualmente, otros aditivos que se requieran para utilizar el ligante en trabajos de pavimentación.

El grano de caucho reciclado (GCR) corresponde a partículas de caucho obtenidas del reciclaje de llantas (vulcanizado).

413.2.2 Cemento asfáltico

Debe cumplir con las características establecidas en el Artículo 410. El tipo de asfalto por emplear se deberá indicar en los documentos del proyecto y deberá permitir la obtención de las propiedades de cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado indicadas en la Tabla 413 - 2.

413.2.3 Grano de caucho reciclado (GCR)

El grano de caucho reciclado debe presentar las características que se mencionan en la Tabla 413 - 1. Además, su gradación se deberá acomodar

a alguna de las gradaciones presentadas en la Tabla 413 - 2; la gradación por emplear deberá estar definida en los documentos del proyecto.

Tabla 413 - 1. Características del grano de caucho reciclado GCR

CARACTERÍSTICA	REQUISITO
Humedad	<ul style="list-style-type: none"> - Máximo 0.75 % de la masa total de la mezcla. - El GCR debe fluir libremente
Gravedad específica	1.15 ± 0.05
Contenido de metales no ferrosos	No debe haber presencia visible
Contenido de metales ferrosos, en masa	Máximo 0.01%
Contenido de fibra en masa, en masa: <ul style="list-style-type: none"> - Para mezclas en caliente - Para riegos 	Máximo 0.5% Máximo 0.1%
Contenido de polvo mineral (como talco): se suele usar para prevenir que los granos se peguen	Máximo 4.0%
Contenido total de otros elementos extraños, en masa; incluye: <ul style="list-style-type: none"> - Vidrio - Arena - Madera, etc 	Máximo 0.25%

La verificación de las características del grano de caucho reciclado se deberá realizar siguiendo las indicaciones de la norma ASTM D-6114.

Tabla 413 - 2. Distribución de tamaños del grano de caucho reciclado GCR

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)					
	2.38	2.00	1.19	0.59	0.30	0.075
	No. 8	No. 10	No. 16	No. 30	No. 50	No. 200
	% PASA					
Tipo A	100	95 - 100	0 - 10	-	-	-
Tipo B	-	100	65 - 100	20 - 100	0 - 45	0 - 5

413.3 EQUIPO

El cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado se fabricará en equipos especializados que garanticen la calidad de la mezcla. El Constructor deberá entregar al Interventor la certificación del fabricante sobre la idoneidad del equipo, así como los certificados recientes de la calibración de todos sus dispositivos de medida.

413.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

413.4.1 Diseño del cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado

El Constructor deberá presentar, para aprobación y con suficiente anticipación al inicio de los trabajos, el diseño del cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado. En general, se requiere que la proporción de caucho sea al menos el 15% de la masa total del asfalto modificado con grano de caucho reciclado para obtener unas propiedades aceptables de la mezcla asfalto-caucho.

El ligante deberá cumplir con los requisitos indicados en la Tabla 413 - 3, para el tipo de asfalto modificado con grano de caucho reciclado que se especifique en los documentos del proyecto. El proceso de escogencia del tipo de ligante deberá tener en cuenta las guías climatológicas de la norma ASTM D 6114.

Además de los ensayos básicos mencionados en la tabla anterior, el proveedor del cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado deberá entregar la clasificación del asfalto por el sistema PG (performance grade), según la norma ASTM D-6373 "*Standard Specification for Performance Graded Asphalt Binder*", tanto del asfalto original (antes de modificar) como del asfalto modificado, acompañada de los resultados de los ensayos que definen la clasificación.

413.4.2 Fabricación del cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado

Durante la producción a escala industrial del cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado, el Constructor deberá combinar los materiales de acuerdo con el diseño del ligante aprobado por el Interventor.

413.4.2.1 Mezclado del cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado

El caucho se deberá mezclar e integrar al cemento asfáltico a temperaturas elevadas y con suficiente agitación para promover la interacción física del asfalto con los componentes de grano de caucho (GCR).

La temperatura del asfalto se deberá encontrar entre 180 y 200° C en el momento de añadir el grano de caucho. No se permitirán aglomeraciones de partículas de caucho de tamaño mayor a 5cm dentro de la cámara de mezclado.

Tabla 413 - 3. Especificaciones físicas del cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado

PROPIEDADES	NORMA DE ENSAYO	TIPO DE ASFALTO-CAUCHO					
		TIPO I		TIPO II		TIPO III	
		Mín	Max	Mín	Max	Mín	Max
Viscosidad aparente a 175°C (Pa.s)	ASTM D-2196 Método A Modificado según ASTM D-6114	1.5	5.0	1.5	5.0	1.5	5.0
Penetración a 25 °C, 100g, 5s (1/10mm)	INV E-706	25	75	25	75	50	100
Penetración a 4 °C, 200g, 60s (1/10mm)	INV E-706	10	-	15	-	25	-
Punto de ablandamiento (°C)	INV E-712	57	-	54	-	52	-
Resiliencia a 25 °C (%)	ASTM D-5329	25	-	20	-	10	-
Punto ignición mediante copa abierta de Cleveland (°C)	INV E-709	230	-	230	-	230	-
Acondicionamiento en prueba de película delgada	INV E-720						
Penetración del residuo luego del acondicionamiento en prueba de película delgada, % de la penetración original	INV E-706	75	-	75	-	75	-

Las cantidades de asfalto y caucho deberán ser dosificadas de manera precisa, de acuerdo con el diseño del ligante. El Constructor deberá documentar el proceso de fabricación, incluyendo los resultados de la verificación de la uniformidad de la mezcla.

El Constructor deberá demostrar que los granos de caucho han sido adecuadamente mezclados de tal manera que se encuentren empapados de asfalto. Serán manifestaciones de un mezclado insuficiente la presencia de granos de caucho flotando en la superficie o aglomeraciones de partículas de caucho en la mezcla.

La temperatura del cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado inmediatamente después de su elaboración deberá encontrar entre 160 y 190°C. Se deberá mantener esta temperatura por una (1) hora antes de su uso.

413.4.2.2 Manejo del cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado

Después de su elaboración, el ligante se deberá agitar entre los períodos de uso para prevenir el asentamiento de las partículas de caucho.

Durante la producción de mezcla asfáltica, la temperatura del cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado se deberá mantener entre 160 y 190°C. Sin embargo, en ningún caso se deberá mantener esa temperatura por un período superior a 10 horas.

Si el ligante no se usa dentro de las 10 horas siguientes a su fabricación, se deberá permitir que se enfríe gradualmente. Antes de su uso, se deberá calentar de nuevo a una temperatura entre 160 y 190° C; este proceso de enfriamiento y recalentamiento no se permitirá más de una vez.

El cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado no se podrá mantener a temperaturas superiores a 120°C por más de 4 días.

413.4.2.3 Control del cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado antes de su aplicación

Antes de aplicar el ligante, se deberá verificar su viscosidad por medio del viscosímetro rotacional, la cual deberá estar dentro de los límites fijados en la Tabla 413 - 3.

413.4.2.4 Recibo del producto

De cada lote de mezcla de cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado, el Constructor deberá entregar la siguiente documentación:

- Tipo de cemento asfáltico;
- Temperatura del cemento asfáltico antes de la adición del grano de caucho;
- Tipo y fuente del grano de caucho;
- Granulometría del grano de caucho;
- Dosificación del grano de caucho;
- Tiempos y fechas en que se añadió el grano de caucho y resultados de las pruebas de viscosidad;
- Registro continuo de temperaturas, con fechas y horas, desde el momento en que se calentó el asfalto para la adición del grano de caucho hasta que el lote fue utilizado completamente en la mezcla asfáltica colocada. Se deben registrar datos de tiempos cada vez que la temperatura del ligante cambia en más de 10°C;
- Resultados de ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, con la lista de verificación que muestre la conformidad con los requisitos establecidos en la Tabla 413 - 3;
- Clasificación de los asfaltos original y modificado por el sistema PG (performance grade), acompañada de los resultados de los ensayos que la definen, según lo

establecido en el numeral 413.4.1, con antigüedad no mayor a un (1) mes.

El Interventor definirá lotes de características homogéneas, de los que se tomarán muestras representativas, las cuales deberán satisfacer las condiciones establecidas en este Artículo.

El empleo del cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado en la elaboración de mezclas asfálticas se hará conforme lo establece el Artículo correspondiente a la partida de trabajo de la cual formará parte.

413.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DEL PRODUCTO

413.5.1 Controles generales

Se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento de los equipos de fabricación del ligante.
- Cada vez el Interventor lo estime conveniente, se tomarán muestras para los ensayos que indica la Tabla 413 - 3 y se efectuarán las respectivas pruebas.
- Verificar que el producto se maneja siguiendo las indicaciones sobre temperaturas establecidas en este Artículo.

413.5.2 Controles específicos para el recibo y tolerancias

Al respecto, se adelantarán las siguientes actividades:

- Comprobar, mediante muestras representativas de cada producción, la viscosidad.
- Realizar una vez por cada mes de ejecución de las obras y como mínimo tres (3) veces a intervalos convenientemente espaciados si la obra dura menos de tres (3) meses, todos los ensayos necesarios para verificar las características especificadas en la Tabla

413 - 3 para el cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado, así como la granulometría del grano de caucho.

- Controlar la calidad del cemento asfáltico original con que se elabora el cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado, según las disposiciones del Artículo 410.
- Efectuar los ensayos necesarios para determinar la cantidad de cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado incorporado en las mezclas que el Interventor haya aceptado a satisfacción.

No se admitirá tolerancia alguna en relación con los límites que se establecen en la Tabla 413 - 3 o en la especificación particular del proyecto. Por lo tanto, su incumplimiento implica el rechazo del producto.

413.6 MEDIDA

La unidad de medida del cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado será el kilogramo (kg), aproximado al kilogramo completo, incorporado en la mezcla asfáltica, debidamente aceptada por el Interventor.

Para determinar la cantidad de asfalto por pagar, se calculará el peso de la mezcla aceptada en su posición final, mediante el producto del volumen aprobado por su densidad media en obra en cada lote y, posteriormente, aplicando a este valor el porcentaje de asfalto promedio que resulte de los ensayos de extracción sobre muestras representativas del volumen de mezcla aceptada.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

413.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al precio unitario del contrato por el cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado, efectivamente incorporado en la mezcla asfáltica en caliente, debidamente aceptada por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de fabricación e incorporación del cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado, manejo, transporte y almacenamiento. Además, deberá cubrir los costos por concepto de patentes,

desperdicios y, en general, todo costo necesario para el correcto cumplimiento de esta especificación.

413.8 ÍTEM DE PAGO

413.1	Cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado tipo I	Kilogramo (kg)
413.2	Cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado tipo II	Kilogramo (kg)
413.3	Cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado tipo III	Kilogramo (kg)

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAG

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIA

SUMINISTRO DE CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO CON POLÍMEROS

ARTÍCULO 414 – 13

414.1 DESCRIPCIÓN

Esta especificación se refiere al suministro de cemento asfáltico modificado con polímeros para la fabricación de mezclas asfálticas que se elaboren con dicho producto, de conformidad con lo establecido en los Artículos correspondientes de estas especificaciones.

414.2 MATERIALES

414.2.1 Definición

El cemento asfáltico modificado con polímeros es un ligante hidrocarbonado resultante de la interacción física y/o química de polímeros con un cemento asfáltico, de los definidos en el Artículo 410 de las presentes especificaciones. Se consideran comprendidos dentro de este Artículo, los cementos asfálticos modificados con polímeros suministrados a granel y los que se fabriquen en el lugar de empleo, en instalaciones específicas independientes. Quedan excluidos los obtenidos a partir de adiciones incorporadas a los agregados o en el mezclador de la planta de fabricación de la unidad de obra de la cual vaya a formar parte el asfalto.

Los cementos asfálticos modificados con polímeros deberán presentar un aspecto homogéneo y estar prácticamente exentos de agua, de modo que no formen espuma cuando se calienten a la temperatura de empleo.

414.2.2 Designación y especificaciones

La designación y las características básicas de los cementos asfálticos modificados con polímeros, son las indicadas en la Tabla 414 - 1.

El Tipo I se basa en las propiedades de cementos asfálticos convencionales modificados con EVA o polietileno y se empleará en la elaboración de mezclas de tipo drenante.

Los Tipos II, III y IV se basan en las propiedades de cementos asfálticos convencionales modificados con copolímeros de bloque estirénico como

el SBS. El Tipo II se aplicará en mezclas drenantes, discontinuas y densas, semidensas y gruesas en caliente en general; el Tipo III en mezclas discontinuas y densas, semidensas y gruesas en caliente en zonas de altas exigencias y el Tipo IV se utilizará en la elaboración de mezclas antirreflectivas de grietas del tipo arena asfalto o riegos en caliente para membranas de absorción de esfuerzos.

El Tipo V es un asfalto modificado de alta consistencia, recomendado para la manufactura de mezclas asfálticas de alto módulo.

Se podrán utilizar cementos asfálticos modificados con polímeros diferentes a los citados en este numeral, siempre que se cumplan las exigencias respectivas de la Tabla 414 - 1 para los diferentes tipos.

Tabla 414 - 1. Especificaciones del asfalto modificado con polímeros

CARACTERÍSTICA	Norma de ensayo INV	TIPO I	TIPO IIa	TIPO IIb	TIPO III	TIPO IV	TIPO V
Asfalto original							
Penetración (25° C, 100 g, 5 s), 0.1 mm	E-706	55 a 70	40 a 70	55 a 70	55 a 70	80 a 130	15 a 40
Punto de ablandamiento, °C, mínimo	E-712	58	58	58	65	60	65
Ductilidad (5° C, 5cm/min), cm, mínimo	E-702	-	15	15	15	30	-
Recuperación elástica por torsión a 25° C, %, mínimo	E-727	15	40	40	70	70	15
Estabilidad al almacenamiento (Nota 1) - Diferencia en el punto de ablandamiento, ° C, máximo	E-726 y E-712	5	5	5	5	5	5
Contenido de agua, %, máximo	E-704	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Punto de ignición mediante la copa abierta Cleveland, ° C, mínimo	E-709	230	230	230	230	230	230
Residuo del ensayo de pérdida por calentamiento en película delgada rotatoria, norma de ensayo (INV E-720)							
Pérdida de masa, %, máximo	E-720	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8
Penetración del residuo, en % de la penetración original, mínimo	E-706	65	50	65	65	60	70
Incremento en el punto de ablandamiento, ° C, máximo	E-712	10	10	10	10	10	10
Ductilidad (5° C, 5cm/min), cm, mínimo	E-702	-	8	8	8	15	-

Nota 1: No se exigirá este requisito cuando los sistemas de transporte y almacenamiento estén provistos de un sistema de homogenización adecuado, aprobado por el Interventor.

414.2.3 Ensayos complementarios

Además de los ensayos básicos mencionados en el numeral anterior, el proveedor del asfalto deberá entregar la clasificación del asfalto por el sistema PG (Performance Grade), según la norma AASHTO M 320 *“Standard Specification for Performance-Graded Asphalt Binder”*, tanto del asfalto original (antes de modificar) como del asfalto modificado, acompañada de los resultados de los ensayos que definen las clasificaciones.

Los documentos del proyecto pueden establecer un requisito para la clasificación PG del asfalto modificado. Si no lo establecen, la clasificación deberá ser, como mínimo, PG 64-22 para todos los asfaltos; es decir, que la temperatura máxima asociada a la clasificación PG no deberá ser inferior a 64° C y la temperatura mínima asociada a la clasificación PG no deberá ser inferior a -22° C. Así mismo, el rango de temperaturas de la clasificación PG (máxima menos mínima) del asfalto modificado deberá mostrar un incremento mínimo de 6° C con respecto al mismo rango en el asfalto original.

414.3 EQUIPO

En adición a las condiciones generales del Artículo 400, numeral 400.3, se deberá tener en cuenta lo siguiente:

414.3.1 Vehículos de transporte

Cuando no se fabrique en el lugar de empleo, el transporte del cemento asfáltico modificado con polímeros desde la planta de producción a la planta mezcladora, se deberá efectuar en caliente y a granel, en carrotanques con adecuados sistemas de calefacción y termómetros ubicados en sitios visibles. Deberán estar dotados, además, de los medios mecánicos que permitan el rápido trasvase de su contenido a los depósitos de almacenamiento. Así mismo, dispondrán de un elemento adecuado para la toma de muestras.

414.3.2 Depósitos de almacenamiento

El almacenamiento que requiera el cemento asfáltico modificado con polímeros antes de su aplicación, se realizará en tanques adecuados para tal fin, los cuales tendrán los aparatos de medida y seguridad necesarios

para garantizar su correcto funcionamiento, situados en puntos de fácil acceso. Así mismo, dispondrán de una válvula adecuada para la toma de muestras.

Cuando los tanques de almacenamiento no dispongan de medios de carga propios, los carrotanques empleados para el transporte del cemento asfáltico modificado con polímeros deberán estar dotados de medios neumáticos o mecánicos apropiados para el trasvase rápido de su contenido a los tanques. Cuando se empleen bombas de trasvase, se preferirán las de tipo rotativo a las centrífugas. El trasvase desde el carrotanque al tanque de almacenamiento se realizará siempre por tubería directa.

Todas las tuberías usadas para el trasvase del cemento asfáltico modificado con polímeros del carrotanque al tanque de almacenamiento y de éste al equipo de empleo, deberán estar dispuestas de manera que se puedan limpiar fácilmente después de cada aplicación y/o jornada de trabajo.

El tiempo máximo de almacenamiento y la necesidad o no de disponer de sistemas de homogeneización en los carrotanques y en los tanques de almacenamiento, se determinarán en cada caso particular, de acuerdo con las características del asfalto modificado.

414.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

414.4.1 Recibo del producto

A la llegada de cada carrotanque al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante del cemento asfáltico modificado con polímeros, con la siguiente información:

- Tipo de cemento asfáltico modificado, de acuerdo con la denominación descrita en el numeral 414.2.2;
- Fechas de elaboración y despacho;
- Resultados de ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, con la lista de verificación que muestre la conformidad con los requisitos establecidos en la Tabla 414 - 1.

- Clasificación de los asfaltos original y modificado por el sistema PG (Performance Grade), acompañada de los resultados de los ensayos que la definen, según lo establecido en el numeral 414.2.3, con antigüedad no mayor a un (1) mes.

No se aceptará el empleo de suministros de cemento asfáltico modificado con polímeros que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

La certificación no evitará la ejecución de ensayos de comprobación por parte del Interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega. De todas maneras, el Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de cemento asfáltico modificado con polímeros que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

Con la frecuencia que el Interventor considere pertinente, se deberán comprobar los sistemas de transporte y trasvase y las condiciones de almacenamiento, en todo cuanto pueda afectar la calidad del material; el Interventor podrá ordenar la suspensión de la utilización del contenido del tanque o carrotanque, mientras se realizan las comprobaciones que él estime convenientes de las características de calidad del cemento asfáltico modificado con polímeros.

Cuando la fabricación del asfalto modificado se lleve a cabo en una instalación anexa a la planta asfáltica, el Interventor definirá lotes de características homogéneas, de los que se tomarán muestras representativas, según el procedimiento descrito en la norma INV E-701, las cuales deberán satisfacer las condiciones establecidas en este Artículo.

El empleo del cemento asfáltico modificado en la elaboración de mezclas asfálticas se hará conforme lo establece el Artículo correspondiente a la partida de trabajo de la cual formará parte.

414.4.2 Manejo ambiental

Al respecto, registrará todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

414.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DEL PRODUCTO

414.5.1 Controles generales

Se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar que en las operaciones de suministro del cemento asfáltico modificado con polímeros, el Constructor cumpla la legislación vigente en relación con la materia ambiental, de seguridad industrial, almacenamiento y transporte.
- Verificar el estado y funcionamiento de los equipos de transporte y almacenamiento del cemento asfáltico modificado con polímeros.
- Verificar que durante el vaciado de los carrotanques, no se lleven a cabo manipulaciones que puedan afectar la calidad del producto, generar incendios o poner en riesgo la integridad de la flora ni la seguridad de personas, bienes o animales.
- Cada vez el Interventor lo estime conveniente, tomar muestras para los ensayos que indica la Tabla 414 - 1 y efectuar las respectivas pruebas. Las muestras se deberán tomar de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma INV E-701.
- Verificar que no se produzca calentamiento excesivo del cemento asfáltico modificado con polímeros, antes de su mezcla con los agregados pétreos, que induzca la oxidación prematura del producto o degrade el polímero de manera tal, que impida que se ajuste a las exigencias del ítem en ejecución.

414.5.2 Controles específicos para el recibo y tolerancias

Al respecto, se adelantarán las siguientes actividades:

- Comprobar, mediante muestras representativas de cada entrega, la penetración, el punto de ablandamiento y la recuperación elástica por ductilidad del asfalto modificado con polímeros. En todos los casos, el Interventor guardará una muestra para eventuales ensayos ulteriores de contraste, cuando alguna de las partes manifieste inconformidad con los resultados iniciales. Si los resultados de las pruebas de contraste no son satisfactorios, se rechazará el producto y las partidas de trabajo que eventualmente se hubiesen fabricado con él.
- Realizar una vez por cada mes de ejecución de las obras y como mínimo tres (3) veces a intervalos convenientemente espaciados si la obra dura menos de tres (3) meses, todos los ensayos necesarios para verificar las características especificadas en la Tabla 414 - 1.

- Efectuar los ensayos necesarios para determinar la cantidad de cemento asfáltico modificado con polímeros incorporado en las mezclas que el Interventor haya aceptado a satisfacción.

En desarrollo de las dos primeras actividades citadas, no se admitirá tolerancia alguna en relación con los límites que se establecen en la Tabla 414 - 1 o en la especificación particular del proyecto. Por lo tanto, su incumplimiento implica el rechazo del producto.

En cuanto a la tercera, se aplicará la recomendación de la especificación correspondiente a la partida de trabajo que se esté controlando.

414.6 MEDIDA

El cemento asfáltico modificado con polímeros se medirá para pago en aquellas unidades de obra en que el Artículo correspondiente a la unidad de la que forme parte indique que su suministro se pagará por aparte. En este caso, la unidad de medida del cemento asfáltico modificado con polímeros será el kilogramo (kg), aproximado al kilogramo completo, incorporado en la mezcla asfáltica debidamente aceptada por el Interventor.

Para determinar la cantidad de asfalto por pagar, se calculará la masa de la mezcla aceptada en su posición final, mediante el producto del volumen aprobado por su densidad media en obra en cada lote y, posteriormente, aplicando a este valor el porcentaje de asfalto promedio que resulte de los ensayos de extracción sobre muestras representativas del volumen de mezcla aceptada.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

414.7 FORMA DE PAGO

En aquellas unidades de obra en que el Artículo indique que el suministro de cemento asfáltico se pagará por aparte, el pago se hará al precio unitario del contrato por el cemento asfáltico modificado con polímeros, efectivamente incorporado en la mezcla asfáltica, en su posición final, debidamente aceptada por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de suministro en obra del cemento asfáltico modificado con polímeros, manejo, almacenamiento, calentamiento y transportes entre la planta de producción del asfalto y el sitio de colocación final. Además, deberá cubrir los costos por concepto de patentes, desperdicios y, en general, todo costo necesario para el correcto cumplimiento de esta especificación.

El precio unitario deberá incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

414.8 ÍTEM DE PAGO

414.1	Cemento asfáltico modificado con polímeros tipo I	Kilogramo (kg)
414.2	Cemento asfáltico modificado con polímeros tipo IIa	Kilogramo (kg)
414.3	Cemento asfáltico modificado con polímeros tipo IIb	Kilogramo (kg)
414.4	Cemento asfáltico modificado con polímeros tipo III	Kilogramo (kg)
414.5	Cemento asfáltico modificado con polímeros tipo IV	Kilogramo (kg)
414.6	Cemento asfáltico modificado con polímeros tipo V	Kilogramo (kg)

SUMINISTRO DE EMULSIÓN ASFÁLTICA MODIFICADA CON POLÍMEROS

ARTÍCULO 415 – 13

415.1 DESCRIPCIÓN

Esta especificación se refiere al suministro de una emulsión asfáltica modificada con polímeros, de tipo catiónico y características de rotura apropiadas, en el sitio de ejecución de riegos de liga, tratamientos superficiales, sellos de arena-asfalto, lechadas asfálticas e instalación de geotextiles y geomallas para repavimentación, contruidos de acuerdo con lo establecido en la especificación correspondiente al ítem en ejecución y conforme a las exigencias de la presente especificación.

415.2 MATERIALES

415.2.1 Definición

Las emulsiones asfálticas modificadas con polímeros son dispersiones de pequeñas partículas de un ligante hidrocarbonado y de un polímero en una solución de agua y un agente emulsificante de carácter catiónico, lo que determina la denominación de la emulsión. Las emulsiones asfálticas se fabricarán a base de cemento asfáltico modificado con polímeros de los definidos en el Artículo 414 de las presentes especificaciones o a base de un cemento asfáltico de los definidos en el Artículo 410 más un polímero; agua; emulsificantes y, en su caso, fluidificantes. Deberán presentar un aspecto homogéneo y una adecuada dispersión del cemento asfáltico en la fase acuosa.

415.2.2 Designación

A efectos de la aplicación de este Artículo y de las presentes Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras, la denominación del tipo de emulsión asfáltica se compondrá de la letra C, representativa del emulsificante catiónico utilizado en su fabricación, seguida de las letras RR, RM o RL según su tipo de rotura (rápida, media o lenta). A continuación de las letras anteriores habrá un guión y el número 1 o 2, indicativo del contenido de ligante residual en la emulsión. La letra h, que acompaña la denominación de una de las emulsiones de rotura lenta, indica que se trata de una emulsión de alta estabilidad. La condición

de modificada se indica con la letra “m” al final de la sigla denominativa de la emulsión.

Las emulsiones asfálticas modificadas con polímeros deberán cumplir con los requisitos de calidad establecidos en la Tabla 415 - 1.

415.3 EQUIPO

415.3.1 Vehículos de transporte

El transporte de la emulsión asfáltica modificada con polímeros desde la planta de fabricación hasta el sitio de colocación, se realizará a granel, en carrotaques que no requieren aislamientos térmicos ni calefacción. Estarán dotados de los medios mecánicos que permitan el rápido traslado de su contenido a los depósitos de almacenamiento. Así mismo, dispondrán de un elemento adecuado para la toma de muestras.

415.3.2 Depósitos de almacenamiento

El almacenamiento que requiera la emulsión asfáltica modificada con polímeros antes de su uso, se realizará en tanques cilíndricos verticales, con tuberías de fondo para carga y descarga, las cuales se deberán encontrar en posiciones diametralmente opuestas. Los tanques tendrán bocas de ventilación para evitar que trabajen a presión y contarán con los aparatos de medida y seguridad necesarios para garantizar su correcto funcionamiento, situados en puntos de fácil acceso. Así mismo, dispondrán de una válvula adecuada para la toma de muestras.

Deberán, además, estar provistos de elementos que permitan la recirculación de la emulsión, cuando ésta se deba almacenar por tiempo prolongado.

Cuando los tanques de almacenamiento no dispongan de medios de carga propios, los carrotaques empleados para el transporte de la emulsión asfáltica modificada con polímeros deberán estar dotados de medios neumáticos o mecánicos apropiados para el trasvase rápido de su contenido a los tanques. Cuando se empleen bombas de trasvase, se preferirán las de tipo rotativo a las centrífugas. El trasvase desde el carrotaque al tanque de almacenamiento se realizará siempre por tubería directa.

Tabla 415 - 1. Especificaciones de emulsiones asfálticas catiónicas modificadas con polímeros

ENSAYOS SOBRE LA EMULSIÓN	UNIDAD	Norma de ensayo INV	ROTURA RÁPIDA				ROTURA MEDIA		ROTURA LENTA	
			CRR – 1m		CRR – 2m		CRM-m		CRL – 1hm	
			Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
Viscosidad:										
Saybolt Furol a 25° C	s	E-763	-	-	-	-	-	-	-	100
Saybolt Furol a 50° C	s		20	100	20	300	20	450	-	-
Contenido de agua en volumen	%	E-761	-	40	-	35	-	35	-	43
Estabilidad durante almacenamiento (24 horas), Sedimentación a los 5 días,	%	E-764	-	1 5	-	1 5	-	1 5	-	1 5
Destilación:										
Contenido de asfalto residual	%	E-762	60	-	65	-	60	-	57	-
Contenido de disolventes	%		-	3	-	3	-	12	-	0
Tamizado										
Retenido tamiz No 20 (850 μ m)	%	E-765	-	0.1	-	0.1	-	0.1	-	0.1
Rotura										
Diocilsulfosuccinato sódico	%	E-766	40	-	40	-	-	-	-	-
Mezcla con cemento	%	E-770	-	-	-	-	-	-	-	2
Carga de partícula		E-767	Positiva		Positiva		Positiva		Positiva	
pH		E-768	-	6	-	6	-	6	-	6
Recubrimiento del agregado y resistencia al desplazamiento										
Con agregado seco		E-769	-	-	Buena Satisfactoria Satisfactoria Satisfactoria		-	-	-	-
Con agregado seco y acción del agua			-	-			-	-	-	-
Con agregado húmedo			-	-			-	-	-	-
Con agregado húmedo y acción del agua			-	-			-	-	-	-
Ensayos sobre el residuo de destilación		E-771								
Penetración (25° C ,100 gr, 5 s)	0.1 mm	E-706	60 100	100 250	60 100	100 250	100	250	60	100
Punto de ablandamiento con aparato de anillo y bola	° C	E-712	55 45	-	55 45	-	40	-	55 45	-
Ductilidad (25° C , 5cm/min)	cm	E-702	10	-	10	-	10	-	10	-
Recuperación elástica por torsión 25° C.	%	E-727	12	-	12	-	12	-	12	-

Todas las tuberías usadas para el trasvase de la emulsión asfáltica modificada con polímeros, del carrotanque al tanque de almacenamiento y de éste al equipo de empleo, deberán estar dispuestas de manera que se puedan limpiar fácilmente después de cada aplicación y/o jornada de trabajo.

415.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

415.4.1 Recibo del producto

A la llegada de cada carrotanque al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante de la emulsión modificada, con la siguiente información:

- Tipo de emulsión asfáltica y velocidad de rotura.
- Fechas de elaboración y despacho.
- Resultados de ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, con la lista de verificación que muestre la conformidad con los requisitos establecidos en la Tabla 415 - 1.

No se aceptará el empleo de suministros de emulsión asfáltica modificada que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. La certificación no evitará la ejecución de ensayos de comprobación por parte del Interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega. De todas maneras, el Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de emulsión asfáltica modificada que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

Con la frecuencia que el Interventor considere pertinente, se deberán comprobar los sistemas de transporte y trasvase y las condiciones de almacenamiento, en todo cuanto pueda afectar la calidad del material; el Interventor podrá ordenar la suspensión de la utilización del contenido del tanque o carrotanque, mientras realiza las comprobaciones que estime convenientes de las características de calidad de la emulsión asfáltica modificada con polímeros.

El empleo de la emulsión asfáltica modificada con polímeros en la elaboración de riegos de liga, tratamientos superficiales, lechadas asfálticas y mezclas abiertas en frío, se hará conforme se establece en la

especificación correspondiente a la partida de trabajo de la cual formará parte.

415.4.2 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

415.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DEL PRODUCTO

415.5.1 Controles generales

Se adelantará los siguientes controles principales:

- Verificar que en las operaciones de suministro de la emulsión asfáltica modificada con polímeros, el Constructor cumpla la legislación vigente en relación con las materias ambiental, de seguridad industrial, almacenamiento y transporte.
- Verificar el estado y funcionamiento de los equipos de transporte y de almacenamiento de la emulsión asfáltica modificada con polímeros.
- Verificar que durante el vaciado de los carrotanques, no se lleven a cabo manipulaciones que puedan afectar la calidad del producto, generar incendios o poner en riesgo la integridad de la flora ni la seguridad de personas, bienes o animales.
- Tomar muestras para los ensayos que indica la Tabla 415 - 1 y efectuar las respectivas pruebas, cada vez que el Interventor lo estime conveniente. Las muestras se deberán tomar de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma INV E-701.

415.5.2 Controles específicos para el recibo y tolerancias

Al respecto, se adelantarán las siguientes verificaciones:

- Comprobar, mediante muestras representativas de cada entrega, el tipo de emulsión, su contenido de asfalto residual y sobre el residuo de evaporación se hará la determinación de su penetración, punto de ablandamiento y recuperación elástica por torsión. En todos

los casos, el Interventor guardará una muestra para eventuales ensayos ulteriores de contraste, cuando alguna de las partes manifieste inconformidad con los resultados iniciales. Si los resultados de las pruebas de contraste no son satisfactorios, se rechazará el producto y las partidas de trabajo que eventualmente se hubiesen fabricado con él.

- Comprobar una vez por cada mes de ejecución de las obras y como mínimo tres (3) veces a intervalos convenientemente espaciados si la obra dura menos de tres (3) meses, todos los ensayos necesarios para verificar las características especificadas en la Tabla 415 - 1.
- Efectuar los ensayos necesarios para determinar la cantidad de emulsión asfáltica modificada con polímeros incorporada en riegos de liga, tratamientos superficiales, lechadas asfálticas y mezclas abiertas en frío.

En desarrollo de las dos primeras actividades, no se admitirá ninguna tolerancia en relación con los límites que se establecen en la Tabla 415 - 1 o en la especificación particular del proyecto y en cuanto a la tercera, se aplicará lo que recomiende la especificación correspondiente a la partida de trabajo que se esté controlando.

Si la emulsión ha estado almacenada durante un plazo superior a quince (15) días antes de su empleo, se deberán realizar determinaciones del contenido de asfalto residual y tamizado sobre muestras representativas de las partes superior e inferior de la emulsión almacenada. En caso de que no se cumpla lo establecido para estas características en la Tabla 415 - 1, se procederá a su homogeneización y realización de nuevos ensayos y si los resultados de estos últimos no resultan satisfactorios, la emulsión será rechazada.

415.6 MEDIDA

La unidad de medida de la emulsión asfáltica modificada con polímeros será el litro (l), aproximado al litro completo, de emulsión incorporada en las mezclas ejecutadas a satisfacción del Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida para cada uno de los ítems, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

Debido a que al aplicar la emulsión en obra pierde el agua que contiene, la determinación de la cantidad de emulsión realmente utilizada se hará a partir del peso de la mezcla aceptada en su posición final, el cual se obtendrá multiplicando el volumen aprobado por la densidad media obtenida en obra en cada lote. Al peso así determinado, se le aplicará el porcentaje promedio de asfalto que resulte de los ensayos de extracción sobre muestras representativas de la mezcla aceptada.

Como este valor corresponde únicamente a asfalto residual, su conversión a emulsión asfáltica modificada con polímeros se realizará de acuerdo con la concentración de ésta. Por último, la conversión de peso de emulsión a volumen se realizará considerando una densidad de un kilogramo por litro (1 kg/l). Para efectos de pago, se considerará siempre una emulsión asfáltica con una concentración de sesenta por ciento (60 %); por lo tanto, si la emulsión suministrada y utilizada tiene una concentración diferente, se hará la conversión correspondiente mediante la expresión.

$$\text{Volumen para pago} = \text{Volumen aplicado} \times \frac{C}{60\%} \quad [415.1]$$

Siendo: C la concentración de la emulsión empleada, en porcentaje.

No habrá medida, para efectos de pago separado, de la emulsión asfáltica modificada con polímeros utilizada en riegos de liga, tratamientos superficiales simples o dobles, lechadas asfálticas e instalación de geotextiles y geomallas para repavimentación

415.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al precio unitario del contrato, por la emulsión asfáltica modificada con polímeros, efectivamente incorporada en las mezclas en su posición final, recibidas a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de suministro de la emulsión modificada con polímeros en obra, manejo, almacenamiento y transportes entre la planta de fabricación de la emulsión y el sitio de colocación final. Además, deberá cubrir los costos por concepto de patentes, desperdicios, y, en general, todo costo necesario para el correcto cumplimiento de esta especificación.

Deberá cubrir, también, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

No habrá ningún pago separado por concepto de la emulsión asfáltica modificada con polímeros incorporada en riegos de liga, tratamientos superficiales simples, tratamientos superficiales dobles, lechadas asfálticas e instalación de geotextiles y geomallas para repavimentación. En consecuencia, todos los costos relacionados con su suministro y correcta aplicación en estas partidas de trabajo, se deberán incluir en el precio unitario del ítem del cual formará parte, según se establece en los Artículos 421, 430, 431, 433, 464 y 467, respectivamente.

415.8 ÍTEM DE PAGO

- | | | |
|-------|---|-----------|
| 415.1 | Emulsión asfáltica de rotura media, modificada con polímeros, CRM-m | Litro (l) |
|-------|---|-----------|

SUMINISTRO DE ASFALTO LÍQUIDO PARA RIEGOS DE IMPRIMACIÓN

ARTÍCULO 416 – 13

416.1 DESCRIPCIÓN

Esta especificación se refiere al suministro en el sitio, del asfalto líquido a utilizar en la elaboración de riegos de imprimación, de acuerdo con lo establecido en el Artículo 420, “Imprimación”.

416.2 MATERIALES

416.2.1 Definición

El asfalto líquido es un ligante hidrocarbonado resultante de incorporar a un cemento asfáltico, de los definidos en el Artículo 410 de las presentes especificaciones, fracciones líquidas, más o menos volátiles, procedentes de la destilación del petróleo.

416.2.2 Designación y especificaciones

La designación del asfalto líquido para riegos de imprimación será con las letras MC, indicativas de curado medio, seguidas por un número 30 que identifica la viscosidad mínima del producto a 60° C, medida en centiStokes.

Sus características de calidad serán las indicadas en la Tabla 416 - 1.

416.3 EQUIPO

En adición a lo que resulte pertinente del numeral 400.3 del Artículo 400, aplica lo siguiente:

416.3.1 Vehículos de transporte

El transporte del asfalto líquido para riegos de imprimación desde la planta de fabricación hasta el sitio de colocación, se realizará a granel, en carrotaques que no requieran aislamientos térmicos ni calefacción. Estarán dotados de los medios mecánicos que permitan el rápido traslado

de su contenido a los depósitos de almacenamiento. Así mismo, dispondrán de un elemento adecuado para la toma de muestras.

Tabla 416 - 1. Especificaciones del asfalto líquido para riegos de imprimación

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	NORMA DE ENSAYO INV	MC 30	
			MÍN	MÁX
Punto de inflamación (Copa abierta de Tag.)	° C	E-710	38	-
Viscosidad cinemática (60° C)	cSt	E-715	30	60
Viscosidad Saybolt Furol (25° C)	s	E-714	75	150
Destilación: Destilado (% sobre volumen total destilado hasta 360° C) :				
A 225° C	%	E-723	-	25
A 260° C	%		40	70
A 316° C	%		75	93
Residuo de destilación a 360 ° C (% en volumen por diferencia)	%	E-723	50	60
Ensayos sobre el residuo de la destilación				
Penetración (25° C, 100 g, 5 s)	0.1 mm	E-706	120	300
Ductilidad (25° C , 5 cm/minuto)	cm	E-702	100	-
Solubilidad en tricloroetileno	%	E-713	99.5	100

416.3.2 Depósitos de almacenamiento

El almacenamiento que requiera antes de su aplicación el asfalto líquido para los riegos de imprimación, se realizará en tanques adecuados para tal fin, los cuales tendrán bocas de ventilación para evitar que trabajen a presión y contarán con los aparatos de medida y seguridad necesarios para garantizar su correcto funcionamiento, situados en puntos de fácil acceso. Así mismo, dispondrán de una válvula adecuada para la toma de muestras.

Cuando los tanques de almacenamiento no dispongan de medios de carga propios, los carrotanques empleados para el transporte del asfalto líquido deberán estar dotados de medios neumáticos o mecánicos apropiados para el trasvase rápido de su contenido a los tanques. Cuando se empleen bombas de trasvase, se preferirán las de tipo rotativo a las centrífugas. El trasvase desde el carrotanque al tanque de almacenamiento se realizará siempre por tubería directa.

Todas las tuberías usadas para el trasvase del asfalto líquido para imprimación, del carrotanque al tanque de almacenamiento y de éste al

equipo de empleo, deberán estar dispuestas de manera que se puedan limpiar fácilmente después de cada aplicación y/o jornada de trabajo.

416.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

416.4.1 Recibo del producto

A la llegada de cada carrotanque al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante del asfalto líquido, con la siguiente información:

- Tipo de asfalto líquido, tipo de solvente y velocidad de curado;
- Fechas de elaboración y despacho;
- Resultados de ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, con la lista de verificación que muestre la conformidad con los requisitos establecidos en la Tabla 416 - 1.

No se aceptará el empleo de suministros de asfalto líquido que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

La certificación no implica necesariamente la aceptación del producto, ni evitará que el Interventor pueda ordenar la verificación de su calidad mediante los ensayos indicados en la Tabla 416 - 1, conforme se indica en el numeral 416.5.2.

Con la frecuencia que el Interventor considere pertinente, se deberán comprobar los sistemas de transporte y trasvase y las condiciones de almacenamiento, en todo cuanto pueda afectar la calidad del material; el Interventor podrá ordenar la suspensión de la utilización del contenido del tanque o carrotanque, mientras se realizan las comprobaciones que estime convenientes de las características de calidad del asfalto líquido.

El asfalto líquido para riegos de imprimación solamente podrá ser empleado en la ejecución de la partida de trabajo a la cual se refiere el Artículo 420 de las presentes especificaciones.

416.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DEL PRODUCTO

416.5.1 Controles generales

Se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el cumplimiento de la legislación vigente en relación con las materias ambiental, de seguridad industrial, almacenamiento y transporte;
- Verificar el estado y funcionamiento de los equipos de transporte y almacenamiento del asfalto líquido para riegos de imprimación;
- Verificar que durante el vaciado de los carrotanques, no se lleven a cabo manipulaciones que puedan afectar la calidad del producto, generar incendios o poner en riesgo la integridad de la flora ni la seguridad de personas, bienes o animales.
- Cada vez el Interventor lo estime conveniente, tomar muestras para los ensayos que indica la Tabla 416 - 1 y efectuar las respectivas pruebas. Las muestras se deberán tomar de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma INV E-701.

416.5.2 Controles específicos para el recibo y tolerancias

Se adelantarán los siguientes controles principales:

- En el momento del trasvase del asfalto líquido de cada carrotanque al tanque de almacenamiento, se deberán tomar dos (2) muestras representativas, de al menos un (1) litro cada una, de acuerdo con el procedimiento descrito en la norma INV E-701 y sobre una de ellas se realizarán ensayos de viscosidad Saybolt Furol (norma INV E-714), destilación (norma INV E-723) y penetración sobre el residuo de destilación (INV E-706), conservando la otra muestra para eventuales ensayos ulteriores de contraste, en caso de que alguna de las partes manifieste inconformidad con los resultados iniciales. Si los resultados de las pruebas de contraste no son satisfactorios, se rechazará el producto y los riegos que eventualmente se hubiesen fabricado con él.
- Realizar una vez por cada mes de ejecución de las obras y como mínimo tres (3) veces a intervalos convenientemente espaciados si la

obra dura menos de tres (3) meses, todos los ensayos necesarios para verificar las características especificadas en la Tabla 416 - 1.

El Interventor no admitirá ninguna tolerancia en relación con los resultados de estas pruebas. Por lo tanto, su incumplimiento implica el rechazo del producto.

416.6 MEDIDA

No habrá lugar a medida, para efectos de pago separado, del asfalto líquido destinado a la ejecución de riegos de imprimación.

416.7 PAGO

No habrá pago separado por el asfalto líquido para la ejecución de riegos de imprimación. Por lo tanto, todos los costos que impliquen el suministro en el sitio, patentes, manejo, almacenamiento, desperdicios, cargues, descargues, aplicación en la obra y cualquier otro costo requerido para la correcta ejecución de la imprimación, deberán estar incluidos dentro del precio unitario del ítem correspondiente, en el Artículo 420, "Imprimación", de las presentes especificaciones.

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

RIEGO DE IMPRIMACIÓN

ARTÍCULO 420 – 13

420.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, eventual calentamiento y aplicación uniforme de una emulsión asfáltica o un asfalto líquido sobre una superficie granular terminada, previamente a la extensión de una capa asfáltica o un tratamiento bituminoso. El riego también se podrá aplicar a bermas construidas en material granular y a sus taludes. El trabajo incluye también, eventualmente, el suministro y la aplicación de un agregado fino para la protección de la superficie imprimada.

El trabajo incluye también el suministro y la aplicación de un agregado fino sobre la imprimación para absorber eventuales excesos del material de imprimación o para la protección de la superficie imprimada, cuando se requiera.

420.2 MATERIALES

420.2.1 Material bituminoso

Los documentos del proyecto indicarán cuál de los materiales bituminosos indicados en la Tabla 420 - 1 deberá ser utilizado para el riego de imprimación.

Tabla 420 - 1. Materiales bituminosos para el riego de imprimación

TIPO DE MATERIAL	DENOMINACIÓN	REQUISITOS
Emulsión asfáltica	Emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta tipo CRL-0	Artículo 411
	Emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta tipo CRL-1	
Asfalto líquido	Asfalto líquido MC-30	Artículo 416

Cuando se emplee emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta tipo CRL-1, ésta se deberá diluir en agua hasta que tenga una concentración aproximada de cuarenta por ciento (40 %).

420.2.2 Agregado de protección

El agregado de protección de la superficie imprimada será arena natural, arena de trituración o una mezcla de ambas, la cual estará exenta de polvo, terrones de arcilla u otros materiales objetables. Sus características deberán ser las mismas que se exigen a los agregados para el sello de arena asfalto, según el Artículo 432.

420.3 EQUIPO

Además de lo que se indica a continuación, rige lo descrito en el numeral 400.3 del Artículo 400.

Para los trabajos de imprimación se requieren elementos mecánicos de limpieza, carrotanques irrigadores de asfalto y, eventualmente, distribuidores mecánicos de agregados.

420.3.1 Equipo de limpieza

El equipo para la limpieza previa de la superficie donde se aplicará el riego de imprimación, estará constituido por una barredora mecánica de tipo rotatorio y/o una sopladora mecánica, autopropulsadas o arrastradas por tractor, equipos que se utilizarán siempre que las autoridades ambientales autoricen su empleo. Como equipo adicional, se podrán utilizar compresores y escobas, y demás implementos que el Interventor autorice y que cumplan las disposiciones ambientales vigentes.

420.3.2 Equipo de irrigación

El carrotanque irrigador deberá aplicar el producto asfáltico para imprimación de manera uniforme y constante, a la temperatura apropiada, sin que lo afecten la carga, la pendiente de la vía o la dirección del vehículo. Sus dispositivos de irrigación deberán proporcionar una distribución transversal adecuada del ligante. El vehículo deberá estar provisto de un velocímetro calibrado en metros por segundo (m/s), o pies por segundo (pie/s), visible al conductor, para mantener la velocidad constante y necesaria que permita la aplicación uniforme del asfalto en sentido longitudinal.

El carrotanque deberá aplicar el producto asfáltico a presión y para ello deberá disponer de una bomba de impulsión, accionada por motor y provista de un indicador de presión. También, deberá estar provisto de un termómetro para el ligante, cuyo elemento sensible no se podrá encontrar cerca de un calentador.

Para áreas inaccesibles al equipo irrigador y para retoques y aplicaciones mínimas, se usará una caldera regadora portátil, con sus elementos de irrigación a presión, o una extensión del carrotanque con una boquilla de expansión que permita un riego uniforme. Por ningún motivo se permitirá el empleo de regaderas u otros dispositivos de aplicación manual por gravedad.

420.3.3 Equipo de distribución de agregado

Para la aplicación del agregado de protección se emplearán distribuidores mecánicos, acoplados a un camión o autopropulsados, que permitan la aplicación homogénea de la arena. Previa autorización del Interventor, el agregado se podrá aplicar manualmente en sitios puntuales o de difícil acceso para el equipo de distribución mecánica.

420.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

420.4.1 Preparación de la superficie existente

Antes de autorizar los trabajos de imprimación, se comprobará que la superficie sobre la cual se va a efectuar la aplicación cumpla con todos los requisitos especificados en cuanto a conformación, compactación y acabado de la capa granular a la cual corresponda.

Si la superficie presenta fallas o imperfecciones, el Constructor procederá a corregirlas a entera satisfacción del Interventor.

En el momento de la aplicación, la capa granular sobre la cual se va a aplicar la emulsión no debe tener exceso de humedad; la humedad debe ser cercana a la óptima de compactación, e idealmente debe estar dos (2) puntos de porcentaje por debajo de la misma.

La superficie que ha de recibir el riego de imprimación se limpiará cuidadosamente de polvo, barro seco, suciedad y cualquier material suelto que pueda ser perjudicial, utilizando el equipo de limpieza

aprobado. En lugares inaccesibles a los equipos mecánicos, se permitirá el uso de escobas manuales.

La limpieza debe dejar a la vista las partículas gruesas sin soltarlas ni aflojarlas.

420.4.2 Determinación de la dosificación del ligante

La dosificación del ligante depende del tipo de producto bituminoso, del sistema de aplicación y de las características superficiales de la capa granular por imprimir.

El Constructor establecerá la dosificación definitiva del ligante con base en los resultados de las aplicaciones iniciales y será, salvo instrucción en contrario, aquella que sea capaz de absorber la capa que se imprima, en un lapso de veinticuatro (24) horas, logrando una penetración no inferior a 5 mm. Esta dosificación deberá contar con la aprobación del Interventor.

Como guía, las cantidades de producto bituminoso por aplicar pueden estar entre los siguientes valores, para una concentración del 60 %:

- Aplicación por riego de emulsión o asfalto líquido: 0.85 a 2.25 l/m²;
- La cantidad de ligante residual no será inferior a quinientos gramos por metro cuadrado (500 g/m²).

420.4.3 Aplicación del ligante bituminoso

La superficie deberá ser humedecida mediante un rociado ligero previamente al riego de imprimación. Este humedecimiento no debe ser excesivo; los vacíos entre partículas no deben quedar llenos de agua.

La aplicación del ligante se hará de manera suave y uniforme. Se evitarán los traslapes en las juntas transversales que generan una dosificación excesiva de imprimante, para lo cual se colocarán tiras de papel u otro material adecuado en las zonas de iniciación o terminación del trabajo, de manera que el riego comience y termine sobre éstas.

La temperatura de aplicación deberá ser tal, que la viscosidad del producto asfáltico se encuentre entre cinco y veinte segundos Saybolt-Furol (5 sSF a 20 sSF).

Antes de iniciar cada jornada de trabajo, se deberá verificar la uniformidad del riego. Si fuere necesario, se calentarán las boquillas de irrigación antes de cada descarga. La bomba y la barra de distribución se deberán limpiar al término de la jornada.

En las zonas donde se presenten insuficiencias o excesos de material bituminoso, el Constructor corregirá la anormalidad mediante la adición de ligante o agregado de protección, respectivamente, a satisfacción del Interventor y sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

En los casos en que, por las condiciones de la obra, se deba efectuar el riego por franjas, deberá existir una pequeña superposición del mismo a lo largo de la junta longitudinal.

No se permitirá transitar sobre la superficie imprimada ni la colocación de capas de rodadura, base asfáltica o tratamientos, hasta que lo autorice el Interventor.

Elementos tales como sardineles, árboles, vallas y similares, susceptibles de ser manchados por el ligante, deberán ser protegidos adecuadamente por parte del Constructor, antes de aplicar el riego.

420.4.4 Determinación de la dosificación del agregado de protección

La dosificación del agregado de protección será la mínima necesaria para absorber los excesos de ligante o para garantizar la protección de la imprimación, cuando la capa imprimada deba soportar la acción del tránsito automotor. En ningún caso, la cantidad de agregado excederá de seis litros por metro cuadrado (6 l/m^2).

La dosificación definitiva del agregado de protección se establecerá como resultado de la aplicación de las pruebas iniciales realizadas en la obra.

420.4.5 Extensión del agregado de protección

La extensión eventual del agregado de protección se realizará por instrucción del Interventor, cuando sea necesario permitir la circulación del tránsito automotor sobre la imprimación o donde se advierta que parte de ella no ha sido absorbida veinticuatro horas (24 h) después de aplicado el ligante.

El agregado se extenderá con el equipo aprobado y su humedad, en el momento de la aplicación, no podrá exceder de cuatro por ciento (4 %).

Se deberá evitar el contacto de las ruedas del distribuidor del agregado con la imprimación sin cubrir. En caso de extender el agregado sobre una franja imprimada sin que lo hubiera sido la adyacente, se dejará sin cubrir una zona de aquella de unos quince a veinte centímetros (15-20 cm), junto a la zona que se encuentra sin imprimir.

420.4.6 Control del tránsito

Se prohibirá todo tipo de tránsito sobre la superficie imprimada mientras no haya sido absorbido todo el ligante o, en caso de que se haya extendido el agregado de protección, dentro de las cuatro horas (4 h) siguientes a la aplicación de éste. Una vez permitida la circulación, la velocidad de los vehículos no deberá exceder de treinta kilómetros por hora (30 km/h).

420.4.7 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la aplicación de riegos de imprimación cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a cinco grados Celsius (5° C) o haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra.

La aplicación del riego de imprimación deberá estar coordinada con la puesta en obra de la capa superpuesta a él, de manera que el ligante no haya perdido su efectividad como elemento de unión. Cuando el Interventor lo estime necesario, se aplicará otro riego de imprimación, sin costo adicional para el INVÍAS, si la pérdida de efectividad de la imprimación anterior es imputable al Constructor.

Los trabajos de aplicación del riego de imprimación se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

420.4.8 Reparaciones

Todo daño de la superficie imprimada atribuible a descuido, falta de previsión o negligencia del Constructor, deberá ser reparado por éste, sin

costo adicional para el Instituto Nacional de Vías y a entera satisfacción del Interventor.

420.4.9 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

420.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

420.5.1 Controles

Rige todo lo que resulte aplicable del numeral 400.5.1 del Artículo 400.

420.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

420.5.2.1 Calidad del producto asfáltico

A la llegada de cada carrotanque al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante de la emulsión asfáltica o del asfalto líquido, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, así como los resultados de ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer todas las condiciones establecidas en los Artículos 411 o 416, dependiendo de si el producto asfáltico es una emulsión o un asfalto líquido.

El Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de emulsión asfáltica o asfalto líquido que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

Dicha constancia no reemplazará, en ningún caso, a la ejecución de ensayos de comprobación, ni implica necesariamente la aceptación final de la entrega.

Sobre muestras representativas de las diversas entregas, se efectuarán las verificaciones exigidas en el numeral 411.5.2 del Artículo 411, si se trata de una emulsión asfáltica o en el numeral 416.5.2 del Artículo 416, si es un asfalto líquido. En todos los casos, el Interventor guardará una muestra para

ensayos ulteriores de contraste, por si se presentan dudas o desacuerdos entre las partes sobre los resultados iniciales.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en la Tabla 411 - 1 del Artículo 411, o en la Tabla 416 - 1 del Artículo 416, según se trate de una emulsión asfáltica o un asfalto líquido, respectivamente.

420.5.2.2 Calidad del agregado de protección

Rige lo indicado en el numeral 432.5.2.2 del Artículo 432

420.5.2.3 Dosificación

Se considerará como lote, que será aceptado o rechazado en su integridad, el de menor área que resulte de aplicar los tres (3) siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500 m) de calzada imprimada;
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de calzada imprimada;
- La superficie imprimada en un día de trabajo.

La dosificación del asfalto se podrá comprobar verificando el volumen del producto dentro del carrotanque distribuidor antes y después de su aplicación, mediante la norma de ensayo INV E-818; también se podrá comprobar mediante el pesaje de bandejas metálicas u hojas de papel resistente, colocadas durante la aplicación del ligante en no menos de cinco (5) puntos del área considerada como lote, ubicados al azar según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

La dosificación del agregado de protección, cuando su utilización sea ordenada por el Interventor, se comprobará mediante el pesaje de bandejas metálicas, según la norma de ensayo INV E-819, en no menos de cinco (5) puntos del área considerada como lote, ubicados al azar según la norma de

ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

Las tasas medias de aplicación de ligante residual (TML) y de agregados (TMA) por lote, no podrán variar en más de quince por ciento (15 %) de las autorizadas por el Interventor (TEL y TEA).

$0.85 \text{ TEL} \leq \text{TML} \leq 1.15 \text{ TEL}$

[420.1]

$0.85 \text{ TEA} \leq \text{TMA} \leq 1.15 \text{ TEA}$

[420.2]

El Interventor se abstendrá de aceptar lotes imprimados donde la dosificación media de ligante o agregados esté por fuera del rango especificado. Tampoco se aceptará un lote donde más de un punto de ensayo presente un resultado por fuera del límite citado.

El Interventor determinará las medidas por adoptar cuando se presenten estos incumplimientos. El Constructor deberá ejecutar medidas correctivas sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

420.6 MEDIDA

Rige lo pertinente del numeral 400.6 del Artículo 400, y en particular lo indicado en el numeral 400.6.1.

420.7 FORMA DE PAGO

Rige lo pertinente del numeral 400.7 del Artículo 400, y en particular lo indicado en el numeral 400.7.2.

No habrá pago separado por el suministro y extensión del agregado de protección.

420.8 ÍTEM DE PAGO

420.1	Riego de imprimación con emulsión asfáltica CRL-0	Metro cuadrado (m ²)
420.2	Riego de imprimación con emulsión asfáltica CRL-1	Metro cuadrado (m ²)
420.3	Riego de imprimación con asfalto líquido	Metro cuadrado (m ²)

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

RIEGO DE LIGA

ARTÍCULO 421 – 13

421.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, eventual calentamiento y aplicación uniforme de un ligante asfáltico sobre losas de concreto o sobre una capa bituminosa, previamente a la extensión de otra capa bituminosa, que no sea un tratamiento superficial, un sello de arena-asfalto o una lechada asfáltica.

421.2 MATERIALES

421.2.1 Material bituminoso

Los documentos del proyecto indicarán cuál de los materiales bituminosos indicados en la Tabla 421 - 1 deberá ser utilizado para el riego de liga.

Tabla 421 - 1. Materiales bituminosos para riego de liga

TIPO DE MATERIAL	DENOMINACIÓN	REQUISITOS
Emulsión asfáltica	CRR-1 o CRR-2	Artículo 411
Emulsión asfáltica modificada con polímeros	CRR-1m o CRR-2m	Artículo 415

421.3 EQUIPO

Además de lo que se indica a continuación, rige todo lo descrito en el numeral 400.3 del Artículo 400.

Para los trabajos de riego de liga se requieren elementos mecánicos de limpieza, carro tanques irrigadores de asfalto y, eventualmente, sistemas de aplicación del riego, incorporados a los de extensión de las mezclas asfálticas.

El equipo para la limpieza previa de la superficie donde se aplicará el riego de liga, estará constituido por una barredora mecánica de tipo rotatorio y/o una sopladora mecánica, autopropulsadas o arrastradas por tractor, equipos que se utilizarán

siempre que las autoridades ambientales autoricen su empleo. Como equipo adicional, se podrán utilizar compresores, escobas, y demás implementos que el Interventor autorice, y que cumplan las disposiciones ambientales vigentes.

El carrotanque irrigador deberá cumplir exigencias mínimas que garanticen la aplicación uniforme y constante del producto asfáltico, a la temperatura apropiada, sin que lo afecten la carga, la pendiente de la vía o la dirección del vehículo. Sus dispositivos de irrigación deberán proporcionar una distribución transversal adecuada del ligante. El vehículo deberá estar provisto de un velocímetro calibrado en metros por segundo (m/s), o pies por segundo (pie/s), visible al conductor, para mantener la velocidad constante y necesaria que permita la aplicación uniforme del asfalto en sentido longitudinal.

El carrotanque deberá aplicar el producto asfáltico a presión y para ello deberá disponer de una bomba de impulsión, accionada por motor y provista de un indicador de presión. También, deberá estar provisto de un termómetro para el ligante, cuyo elemento sensible no se podrá encontrar cerca de un elemento calentador.

Cuando el riego de liga se aplique previamente a la extensión de una mezcla asfáltica discontinua en caliente o una mezcla drenante, es deseable que el sistema de aplicación del riego se encuentre incorporado al de extensión de la mezcla asfáltica, de tal manera que se garantice una dosificación continua y uniforme de ambos.

En algunas aplicaciones que autorice el Interventor y para áreas inaccesibles al equipo irrigador y para retoques y aplicaciones mínimas, se usará una caldera regadora portátil, con sus elementos de irrigación a presión, o una extensión del carrotanque con una boquilla de expansión que permita un riego uniforme.

Por ningún motivo se permitirá la aplicación del riego de liga con regaderas, recipientes perforados, cepillos o cualquier otro dispositivo de aplicación manual por gravedad, que no garantice una aplicación completamente homogénea del riego de liga sobre la superficie por tratar.

421.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

421.4.1 Preparación de la superficie existente

La superficie sobre la cual se ha de aplicar el riego de liga deberá cumplir todos los requisitos de calidad y uniformidad exigidos para que pueda

recibir la capa asfáltica según lo contemplen los documentos del proyecto. De no ser así, el Constructor deberá realizar todas las correcciones previas que le indique el Interventor.

La superficie deberá ser limpiada de polvo, barro seco, suciedad y cualquier material suelto que pueda ser perjudicial para el trabajo, empleando barredoras o sopladoras mecánicas en sitios accesibles a ellas, si su uso está autorizado, y escobas manuales donde aquellas no puedan acceder.

Cuando la superficie que va a recibir el riego de liga sea de tipo asfáltico, se deberán eliminar previamente, mediante fresado, los excesos de ligante que puedan existir y se repararán todos los desperfectos que puedan impedir una correcta adherencia.

Si la superficie está cubierta por un riego de curado, éste deberá ser eliminado mediante barrido enérgico, seguido de soplo con aire comprimido u otro procedimiento aprobado por el Interventor, una vez transcurrido el plazo de curado y antes de aplicar el riego de liga.

421.4.2 Determinación de la dosificación del ligante

El Constructor establecerá la dosificación definitiva del ligante con base en los resultados de las pruebas iniciales en obra; esta dosificación deberá contar con la aprobación del Interventor. En condiciones normales, las dosificaciones serán del orden de doscientos a trescientos gramos de ligante residual por metro cuadrado (200 a 300 g/m²).

421.4.3 Aplicación del ligante bituminoso

La aplicación del ligante se hará con el equipo aprobado y a una temperatura tal, que dé lugar a una viscosidad Saybolt-Furol entre diez y cuarenta segundos (10 sSF - 40 sSF), de manera uniforme, evitando la doble aplicación en las juntas transversales. Con este propósito se colocarán tiras de papel o de otro material adecuado bajo los difusores, en aquellas zonas de la superficie en donde empiece y termine el riego, con el objeto de que éste se inicie o culmine sobre ellas y los difusores funcionen con normalidad sobre la zona por tratar.

En los casos en que, por las condiciones de la obra, se deba efectuar el riego por franjas, deberá existir una pequeña superposición del mismo a lo largo de la junta longitudinal.

El riego sólo se aplicará cuando la superficie esté seca y con la anticipación necesaria a la colocación de la capa bituminosa, para que presente las condiciones de adherencia requeridas.

Antes de iniciar cada jornada de trabajo, se deberá verificar la uniformidad del riego. Si fuere necesario, se calentarán las boquillas de irrigación antes de cada descarga. La bomba y la barra de distribución se deberán limpiar al final de la jornada.

En las zonas donde se presenten insuficiencias o excesos de ligante, el Constructor corregirá la anormalidad mediante la adición de ligante o arena limpia, según el caso, sin costo para el Instituto Nacional de Vías y a plena satisfacción del Interventor.

Elementos tales como sardineles, árboles, dispositivos de señalización, defensas y similares, susceptibles de ser manchados por el ligante, deberán ser protegidos adecuadamente por el Constructor, antes de aplicar el riego.

421.4.4 Control del tránsito

No se permitirá transitar por la superficie sobre la cual se ha aplicado el riego de liga, sin la autorización del Interventor.

421.4.5 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la extensión del riego de liga en momentos de lluvia, ni cuando haya fundado temor de que ella ocurra o cuando la temperatura ambiente a la sombra y la del pavimento sean inferiores a cinco grados Celsius (5° C).

La aplicación del riego de liga deberá estar coordinada con la puesta en obra de la capa superpuesta a él, de manera que el ligante no haya perdido su efectividad como elemento de unión. Cuando el Interventor lo estime necesario, se aplicará otro riego de liga, cuyo costo será asumido por el Constructor, si la pérdida de efectividad del riego anterior es imputable a éste.

Los trabajos de aplicación del riego de liga se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas

de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

421.4.6 Reparaciones

Todo daño de la superficie tratada atribuible a descuido, falta de previsión o negligencia del Constructor, deberá ser reparado por éste, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías, a entera satisfacción del Interventor.

421.4.7 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

421.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

421.5.1 Controles

Rige lo indicado en el numeral 400.5.1 del Artículo 400.

421.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

421.5.2.1 Calidad del material bituminoso

A la llegada de cada carrotanque al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante de la emulsión, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, el tipo y la velocidad de rotura, así como los resultados de ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer todas las condiciones establecidas en los Artículos 411 o 415, según sea el caso. El Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de emulsión asfáltica que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Dicha constancia no evitará, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por

parte del Interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega.

Además, sobre muestras representativas de las diversas entregas, se efectuarán las verificaciones exigidas en el numeral 411.5.2 del Artículo 411 o en el numeral 415.5.2 del Artículo 415, dependiendo del material bituminoso utilizado para el riego. En todos los casos, el Interventor guardará una muestra para ensayos ulteriores de contraste, por si hay dudas o desacuerdos entre las partes sobre los resultados iniciales.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en las Tablas 411 - 1 del Artículo 411 o 415 - 1 del Artículo 415, respectivamente, según si la emulsión asfáltica utilizada es convencional o modificada con polímeros.

421.5.2.2 Dosificación

Se considerará como lote, que será aceptado o rechazado en su integridad, el de menor área que resulte de aplicar los tres (3) siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500 m) de calzada con aplicación de riego de liga;
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de calzada aplicación de con riego de liga;
- La superficie regada en un día de trabajo.

La dosificación del asfalto se podrá comprobar verificando el volumen del producto dentro del carrotanque distribuidor antes y después de su aplicación, mediante la norma de ensayo INV E-818; también se podrá comprobar mediante el pesaje de bandejas metálicas u hojas de papel resistente, colocadas durante la aplicación del ligante en no menos de cinco (5) puntos del área considerada como lote, ubicados al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

La tasa media de aplicación de ligante residual (TML) por lote, no podrá variar en más de quince por ciento (15 %) de la autorizada por el Interventor (TEL).

$$0.85 \text{ TEL} \leq \text{TML} \leq 1.15 \text{ TEL}$$

[421.1]

El Interventor se abstendrá de aceptar lotes regados donde la dosificación media de ligante esté por fuera del rango especificado. Tampoco se aceptará un lote donde más de un punto de ensayo presente un resultado por fuera del límite citado. El Interventor determinará las medidas por adoptar cuando se presenten estos incumplimientos.

El costo de los materiales, equipos y operaciones requeridos para la corrección de defectos o excesos en el riego de liga, deberá ser asumido por el Constructor.

421.6 MEDIDA

Rige lo pertinente del numeral 400.6 del Artículo 400, y en particular lo indicado en el numeral 400.6.1.

421.7 FORMA DE PAGO

Rige lo pertinente del numeral 400.7 del Artículo 400, y en particular lo indicado en el numeral 400.7.2.

421.8 ÍTEM DE PAGO

421.1 Riego de liga con emulsión asfáltica CRR-1	Metro cuadrado (m ²)
421.2 Riego de liga con emulsión asfáltica CRR-2	Metro cuadrado (m ²)
421.3 Riego de liga con emulsión modificada con polímeros CRR-1m	Metro cuadrado (m ²)
421.4 Riego de liga con emulsión modificada con polímeros CRR-2m	Metro cuadrado (m ²)

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIA

RIEGO DE CURADO

ARTÍCULO 422 – 13

422.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, eventual calentamiento y aplicación uniforme de un ligante bituminoso sobre una capa tratada con un conglomerante hidráulico, con el fin de brindar impermeabilidad a toda su superficie. El trabajo incluye también, eventualmente, el suministro y la aplicación de un agregado fino para la protección de la superficie con el riego.

422.2 MATERIALES

422.2.1 Material bituminoso

El ligante bituminoso por emplear será una emulsión asfáltica catiónica de rotura rápida tipo CRR-1, la cual deberá cumplir las condiciones indicadas en el Artículo 411.

422.2.2 Agregado de protección

El agregado que eventualmente se deba colocar para la protección de la superficie con el riego, será arena natural, arena de trituración o una mezcla de ambas; la cual estará exenta de polvo, terrones de arcilla u otros materiales objetables. Sus características deberán ser las mismas que se exigen a los agregados para el sello de arena asfalto, según el Artículo 432.

422.3 EQUIPO

Rige todo lo descrito en el numeral 400.3 del Artículo 400, así como lo que se indica en el numeral 420.3 del Artículo 420, en relación con el equipo requerido para aplicar los riegos de imprimación.

422.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

422.4.1 Preparación de la superficie existente

Antes de autorizar el riego de curado, el Interventor comprobará que la superficie sobre la cual se va a efectuar el riego cumpla con todos los

requisitos especificados en cuanto a conformación, compactación y acabado de la capa a la cual corresponda.

En caso de que sobre la superficie por tratar se observen fallas o imperfecciones, el Constructor procederá a corregirlas a entera satisfacción del Interventor.

La superficie que ha de recibir el riego de curado se limpiará cuidadosamente de polvo, barro seco, suciedad y cualquier material suelto que pueda ser perjudicial, utilizando el equipo de limpieza aprobado. En lugares inaccesibles a los equipos mecánicos o donde su empleo no esté autorizado, se permitirá el uso de escobas manuales.

422.4.2 Determinación de la dosificación del ligante

El Constructor establecerá la dosificación definitiva del ligante como resultado de la aplicación de los riegos iniciales, la cual quedará definida por la cantidad que garantice la formación de una película continua, uniforme e impermeable de ligante; esta dosificación deberá contar con la aprobación del Interventor. Dicha cantidad no será inferior, en ningún caso, a cuatrocientos gramos por metro cuadrado (400 g/m²) de ligante residual.

422.4.3 Aplicación del ligante bituminoso

En el momento de aplicar el riego, que en ningún caso puede ser después de veinticuatro horas (24 h) después de terminada la compactación de la capa por curar, la superficie de la capa tratada deberá ser previamente humedecida, sin llegar a la saturación.

La aplicación del ligante se hará de manera uniforme, tanto longitudinal como transversalmente, evitando la duplicación en las juntas transversales, para lo cual se colocarán tiras de papel u otro material adecuado en las zonas de iniciación o terminación del trabajo, de manera que el riego comience y termine sobre éstas.

La temperatura de aplicación deberá ser tal, que la viscosidad del producto asfáltico se encuentre entre diez y cuarenta segundos Saybolt-Furol (10 sSF - 40 sSF).

Antes de iniciar cada jornada de trabajo, se deberá verificar la uniformidad del riego. Si fuere necesario, se calentarán las boquillas de

irrigación antes de cada descarga. La bomba y la barra de distribución se deberán limpiar al término de la jornada.

En las zonas donde se presenten insuficiencias o excesos de material bituminoso, el Constructor corregirá la anormalidad mediante la adición de ligante o agregado de protección, respectivamente, a satisfacción del Interventor y sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

En los casos en que, por las condiciones de la obra, se deba efectuar el riego por franjas, deberá existir una pequeña superposición del mismo a lo largo de la junta longitudinal.

No se permitirá transitar sobre la superficie tratada con el riego ni la colocación de capas de rodadura, base asfáltica o tratamientos, hasta que lo autorice el Interventor quien, además, fijará el plazo de curado.

Elementos tales como sardineles, árboles, vallas y similares, susceptibles de ser manchados por el ligante, deberán ser protegidos adecuadamente por parte del Constructor, antes de aplicar el riego.

422.4.4 Determinación de la dosificación del agregado de protección

La dosificación del agregado de protección será la mínima necesaria para garantizar la integridad del riego de curado. En ningún caso, la cantidad de agregado excederá de seis litros por metro cuadrado (6 l/m^2).

La dosificación definitiva del agregado de protección se establecerá como resultado de la aplicación de las pruebas iniciales realizadas en la obra.

422.4.5 Extensión del agregado de protección

La extensión eventual del agregado de protección se realizará por instrucción del Interventor. El agregado se extenderá con el equipo aprobado, inmediatamente después de la aplicación del ligante. Su humedad, en el momento de la extensión, no podrá exceder de cuatro por ciento (4 %).

Se deberá evitar el contacto de las ruedas del distribuidor del agregado con el riego de curado sin cubrir. En caso de extender el agregado sobre una franja regada sin que lo hubiera sido la adyacente, se dejará sin cubrir una zona de aquella de unos quince a veinte centímetros (15 - 20 cm), junto a la zona que se encuentra sin tratar.

422.4.6 Control del tránsito

Se prohibirá todo tipo de tránsito sobre la superficie tratada con el riego de curado durante el lapso que determine el Interventor. Una vez permitida la circulación, la velocidad de los vehículos no deberá exceder de treinta kilómetros por hora (30 km/h).

422.4.7 Limitaciones en la ejecución

Por ningún motivo se permitirá la aplicación de riegos de curado cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a cinco grados Celsius (5° C) o haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra.

Los trabajos de aplicación del riego de curado se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

422.4.8 Reparaciones

Todo daño en el riego de curado atribuible a descuido, falta de previsión o negligencia del Constructor, deberá ser reparado por éste, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías y a entera satisfacción del Interventor.

422.4.9 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

422.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

422.5.1 Controles

Rige todo lo que resulte aplicable del numeral 400.5.1 del Artículo 400.

422.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**422.5.2.1 Calidad de la emulsión**

A la llegada de cada carrotanque al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante de la emulsión, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, el tipo y la velocidad de rotura, así como los resultados de ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer todas las condiciones establecidas en la Tabla 411 - 1 del Artículo 411. El Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de emulsión asfáltica que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Dicha constancia no evitará, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del Interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega.

Además, sobre muestras representativas de las diversas entregas, se efectuarán las verificaciones exigidas en el numeral 411.5.2 del Artículo 411. En todos los casos, el Interventor guardará una muestra para ensayos ulteriores de contraste, por si hay dudas o desacuerdos entre las partes sobre los resultados iniciales.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en la Tabla 411 - 1 del Artículo 411.

422.5.2.2 Calidad del agregado de protección

Rige lo indicado en el numeral 432.5.2.2 del Artículo 432.

422.5.2.3 Dosificación

Se considerará como lote, que será aceptado o rechazado en su integridad, el de menor área que resulte de aplicar los tres (3) siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500 m) de calzada con riego de curado.

- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de calzada con riego de curado.
- La superficie cubierta con el riego en un día de trabajo.

La dosificación del asfalto se podrá comprobar verificando el volumen del producto dentro del carrotanque distribuidor antes y después de su aplicación, mediante la norma de ensayo INV E-818; también se podrá comprobar mediante el pesaje de bandejas metálicas u hojas de papel resistente, colocadas durante la aplicación del ligante o la extensión del agregado en no menos de cinco (5) puntos del área considerada como lote, ubicados al azar según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

La dosificación del agregado de protección, cuando su utilización sea ordenada por el Interventor, se comprobará mediante el pesaje de bandejas metálicas, según la norma de ensayo INV E-819, en no menos de cinco (5) puntos del área considerada como lote, ubicados al azar según la norma de ensayo INV E-730 pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

Las tasas medias de aplicación de ligante residual (TML) y de agregados (TMA) por lote, no podrán variar en más de quince por ciento (15 %) de las autorizadas por el Interventor (TEL y TEA).

$0.85 \text{ TEL} \leq \text{TML} \leq 1.15 \text{ TEL}$	[422.1]
$0.85 \text{ TEA} \leq \text{TMA} \leq 1.15 \text{ TEA}$	[422.2]

El Interventor se abstendrá de aceptar lotes con riego de curado donde la dosificación media de ligante o agregados esté por fuera del rango especificado. Tampoco se aceptará un lote donde más de un punto de ensayo presente un resultado por fuera del límite citado. El Interventor determinará las medidas por adoptar cuando se presenten estos incumplimientos.

El costo de los materiales, equipos y operaciones requeridos para la corrección de defectos o excesos en el riego de curado y/o en el agregado de protección, deberá ser asumido por el Constructor.

422.6 MEDIDA

No habrá lugar a medida, para efecto de pago separado, del riego de curado que se aplique sobre una capa tratada con un conglomerante hidráulico.

422.7 FORMA DE PAGO

No habrá pago separado por el riego de curado. Por lo tanto, todos los costos que impliquen el suministro de los materiales requeridos y la ejecución de los trabajos objeto del presente Artículo, deberán formar parte del precio unitario de la capa tratada con conglomerante hidráulico que se está protegiendo.

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIA

TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE

ARTÍCULO 430 – 13

430.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la aplicación de un riego de material bituminoso sobre una superficie preparada, seguido por la extensión y compactación de una capa de agregado pétreo, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, cotas y secciones indicados en los planos o establecidos por el Interventor.

430.2 MATERIALES

430.2.1 Agregados pétreos

Los agregados pétreos deberán cumplir los requisitos generales del Artículo 400, numeral 400.2.1, y los requisitos particulares de la Tabla 430 - 1.

Tabla 430 - 1. Requisitos de los agregados para tratamiento superficial simple

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO	
		NT-1	NT-2
Dureza, agregado grueso (O)			
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%)	E-218	25	25
- 500 revoluciones		5	5
- 100 revoluciones			
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	25
Coefficiente de pulimento acelerado, mínimo	E-232	0.45	0.45
Durabilidad (O)			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, agregado grueso, máximo (%)	E-220	18	18
Limpieza, agregado grueso (F)			
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	E-237	0.5	0.5
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)			
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%)	E-230	30	30
Caras fracturadas, mínimo (%): una cara / dos caras	E-227	75 / -	75 / 60
Adhesividad (O)			
Bandeja, mínimo (%)	E-740	80	80

Los agregados deberán presentar una gradación ajustada a alguna de las franjas indicadas en la Tabla 430 - 2.

La franja por utilizar corresponderá a la establecida en los estudios del proyecto o la determinada por el Interventor. Se podrán emplear otras franjas, si así lo establecen las especificaciones particulares del proyecto.

El material que produzca el Constructor deberá dar lugar a una curva sensiblemente paralela a los límites de la franja por utilizar, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior del tamiz adyacente y viceversa.

Tabla 430 - 2. Gradaciones para tratamientos superficiales simples

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)					
	19.0	12.5	9.5	6.3	4.75	2.36
	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	No. 4	No. 8
	% PASA					
TSS – 19	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5
TSS – 13	-	100	90-100	10-40	0-15	0-5
Tolerancias en producción sobre la gradación definida en la fase de experimentación (±)	4 %					1 %

430.2.2 Material bituminoso

Será una emulsión asfáltica catiónica de rotura rápida del tipo CRR-2 o una emulsión modificada con polímeros del tipo CRR-2m, la cual deberá cumplir los requisitos de calidad establecidos en los Artículos 411 o 415, según corresponda.

El tipo de emulsión por aplicar será el definido en los documentos técnicos del proyecto.

430.2.3 Aditivos mejoradores de adherencia

Cuando se requieran, se deberán ajustar a lo descrito en el Artículo 412.

430.3 EQUIPO

Se aplica lo que sea pertinente del numeral 400.3 del Artículo 400.

Para la ejecución del tratamiento superficial simple se requiere básicamente equipo para la explotación, elaboración y clasificación de agregados, para la limpieza de la superficie, distribuidor autopropulsado del material bituminoso, esparcidor mecánico de agregado pétreo, compactadores neumáticos y herramientas menores.

430.3.1 Equipo para la elaboración y clasificación de agregados triturados

La planta de trituración estará provista de una trituradora primaria y una trituradora secundaria; deberá incluir también una clasificadora y, de ser necesario, un equipo de lavado. Además, deberá estar provista de los filtros necesarios para prevenir la contaminación ambiental.

430.3.2 Equipo para la aplicación del ligante bituminoso

Consistirá en un carrotanque irrigador de las características descritas en el numeral 420.3.2 del Artículo 420.

Para áreas inaccesibles al carrotanque y para retoques y aplicaciones mínimas, se usará una caldera regadora portátil, con sus elementos de irrigación a presión, o una extensión del carrotanque con boquilla de expansión que permita un riego uniforme.

430.3.3 Equipo para la extensión del agregado pétreo

Se podrán emplear esparcidoras autopropulsadas o extendedoras mecánicas acopladas a volquetas, que garanticen una adecuada y homogénea distribución del agregado pétreo sobre la superficie.

430.3.4 Equipo multidistribuidor de asfalto y agregado

En lugar del carrotanque irrigador y del equipo de extensión del agregado pétreo, descritos en los numerales 430.3.2 y 430.3.3, se podrá emplear un equipo multidistribuidor que permita la aplicación conjugada de la emulsión asfáltica y el agregado en una sola operación.

430.3.5 Equipo de compactación

Se emplearán rodillos neumáticos de un peso superior a cinco toneladas (5 t), cuya presión de inflado de las llantas deberá tener la aprobación del

Interventor. Todos los compactadores deberán ser autopropulsados y estar dotados de dispositivos para la limpieza de sus llantas durante la compactación, así como inversores de marcha suaves.

430.3.6 Equipo de barrido

Se deberá disponer de barredoras mecánicas de cepillo. En caso de que las autoridades ambientales no permitan su utilización, el Interventor determinará el equipo por utilizar.

430.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

430.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el Artículo 105, numeral 105.13.3.

430.4.2 Dosificación del tratamiento

Salvo justificación en contrario, la dosificación por utilizar se encontrará dentro de los límites indicados en la Tabla 430 - 3.

Tabla 430 - 3. Dosificación para tratamientos superficiales simples

TIPO DE GRADACIÓN	DOSIFICACIÓN (l/m ²)	
	AGREGADOS	LIGANTE RESIDUAL
TSS - 19	8-10	0.9-1.3
TSS - 13	6-8	0.7-1.1

De acuerdo con las características de la superficie sobre la cual se aplicará el tratamiento, las condiciones climáticas del lugar y el tránsito previsto, el Constructor hará un diseño preliminar del tratamiento por algún método empírico reconocido, cuyos resultados servirán de base para las primeras pruebas.

La dosificación definitiva del tratamiento superficial simple, incluyendo las adiciones que eventualmente se requieran para mejorar la adherencia entre el ligante y el agregado, será establecida por el Constructor y aprobada por el Interventor, dependiendo de las características de la obra y a la vista de los resultados de la fase de experimentación y previo el

cumplimiento de los requisitos indicados en el numeral 400.4.2 del Artículo 400.

Esta dosificación deberá verificarse y, si es el caso, ajustarse en caso de que la gradación durante producción no se ajuste a la definida en la fase de experimentación con las tolerancias que se indican en la Tabla 430 - 2.

430.4.3 Preparación de la superficie existente

La construcción del tratamiento no comenzará hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar, tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la especificación respectiva, se deberán corregir de acuerdo con lo establecido en el Artículo correspondiente a la unidad de obra de que se trate.

Si la construcción del tratamiento requiere una imprimación previa de la superficie, ella se realizará de acuerdo con lo establecido en el Artículo 420. No se permitirá la construcción del tratamiento mientras la imprimación no haya completado su curado y, en ningún caso, antes de veinticuatro horas (24 h), transcurridas desde su aplicación.

En el momento de aplicar el ligante bituminoso, la superficie deberá estar seca y libre de cualquier sustancia que resulte objetable a juicio del Interventor.

430.4.4 Fase de experimentación

Rige lo establecido en el numeral 400.4.3 del Artículo 400.

430.4.5 Aplicación del ligante bituminoso

Antes de la aplicación del ligante se marcará una línea guía en la calzada para controlar el paso del distribuidor y se señalará la longitud de la carretera que quedará cubierta, de acuerdo con la cantidad de emulsión asfáltica disponible en el distribuidor y la capacidad de extensión del esparcidor de agregados pétreos.

La dosificación elegida del ligante se aplicará de manera uniforme a una temperatura que corresponda a una viscosidad Saybolt-Furol comprendida entre veinticinco y cien segundos (25 sSF a 100 sSF),

evitando duplicaciones de dotación en las juntas transversales de trabajo, para lo cual se colocarán fajas de papel grueso, de ancho no menor a un metro (1.0 m), bajo los difusores, en aquellas zonas donde comience o se interrumpa la aplicación.

Al comienzo de cada jornada de trabajo se deberá verificar la uniformidad del riego. Si fuere necesario, se calentarán las boquillas de irrigación antes de cada descarga. La bomba y la barra de distribución se deberán limpiar al final de la jornada.

Durante la aplicación del ligante se deberán proteger todos los elementos que señale el Interventor, tales como bordillos, vallas o árboles. En trabajos de prueba o de limpieza de los equipos, no se permitirá descargar el material bituminoso en zanjas o zonas próximas a la carretera.

No se permitirá ningún tipo de tránsito sobre el ligante aplicado.

430.4.6 Extensión del agregado pétreo

La extensión del agregado se realizará de manera uniforme, en la cantidad aprobada por el Interventor e inmediatamente después de la aplicación del ligante bituminoso. La distribución del agregado se hará de manera que se evite el tránsito del esparcidor sobre la capa del ligante sin cubrir. En el instante de la extensión, la humedad del agregado deberá ser tal, que no perjudique su adhesividad con el ligante bituminoso empleado.

Cuando el material bituminoso se aplique por franjas, el agregado se esparcirá de forma que quede sin cubrir una banda de quince a veinte centímetros (15 cm a 20 cm) de la zona tratada, aledaña a la zona que aún no ha recibido el riego, con el fin de completar en dicha banda la dosificación prevista del ligante al efectuar su aplicación en la franja adyacente.

430.4.7 Aplicación conjugada del ligante y los agregados pétreos

Si se dispone de un equipo multidistribuidor, la aplicación del ligante bituminoso y la del agregado pétreo se realizarán en una sola operación. Bajo esta circunstancia, resulta aplicable lo expuesto en el numeral 430.4.5 en relación con la aplicación del ligante, salvo su último párrafo, dada la imposibilidad de que haya tránsito vehicular sobre el ligante recién aplicado.

En relación con el agregado pétreo, éste será extendido por el mismo equipo, de manera uniforme, en la cantidad aprobada por el Interventor e inmediatamente después de la aplicación del ligante bituminoso. En el instante de la extensión, la humedad del agregado deberá ser tal, que no perjudique su adhesividad con el ligante bituminoso empleado.

Cuando el material bituminoso se aplique por franjas, el agregado se esparcirá de forma que quede sin cubrir una banda de quince a veinte centímetros (15 cm a 20 cm) de la zona tratada, aledaña a la zona que aún no ha recibido el riego, con el fin de completar en dicha banda la dosificación prevista del ligante al efectuar su aplicación en la franja adyacente.

430.4.8 Compactación

Las operaciones de compactación se realizarán con el compactador neumático y comenzarán inmediatamente después de la aplicación del agregado pétreo. En zonas en tangente, la compactación se iniciará por el borde exterior y avanzando hacia el centro, traslapando cada pasada con la anterior. En curvas, se iniciará desde el borde inferior hacia el borde superior, traslapando cada recorrido con el anterior.

La compactación continuará hasta obtener una superficie lisa y estable en un tiempo máximo de treinta (30) minutos, contado desde el inicio de la extensión del agregado pétreo.

430.4.9 Acabado, limpieza y eliminación de sobrantes

Una vez terminada la compactación y transcurrido el plazo necesario para que el ligante utilizado alcance la cohesión suficiente para resistir la acción normal del tránsito vehicular, se barrerá de manera enérgica la superficie del tratamiento para eliminar todo exceso de agregados que haya quedado suelto sobre la superficie, operación que deberá continuar aún después de que el tramo con el tratamiento haya sido abierto al tránsito.

En los quince (15) días siguientes a la apertura del tratamiento al tránsito, se realizará un barrido definitivo del agregado pétreo que no esté adherido.

El material sobrante de esta operación deberá ser recogido por el Constructor, quien lo dispondrá en los sitios que autorice el Interventor.

430.4.10 Apertura al tránsito

Siempre que sea posible, se deberá evitar todo tipo de tránsito sobre la capa recién ejecutada durante las veinticuatro (24) horas siguientes a su terminación. Si ello no es factible, se deberán tomar medidas para que los vehículos no circulen a una velocidad superior a treinta kilómetros por hora (30 km/h).

430.4.11 Limitaciones en la ejecución

Por ningún motivo se permitirá la ejecución del tratamiento cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a cinco grados Celsius (5° C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

Cuando no se utilice equipo multidistribuidor, la extensión del agregado pétreo se deberá realizar antes de que haya transcurrido, desde la aplicación del ligante, el plazo máximo fijado por el Interventor. En todos los casos, la compactación deberá quedar concluida antes de treinta (30) minutos de haber sido extendido el agregado.

Los trabajos de construcción del tratamiento superficial se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

430.4.12 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

430.4.13 Reparaciones

Todos los defectos que se presenten durante la ejecución del tratamiento, tales como juntas irregulares, defectos transversales en la aplicación del ligante o el agregado, irregularidades del alineamiento, etc., así como los que se deriven de un incorrecto control del tránsito recién terminados los trabajos, deberán ser corregidos por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones del Interventor, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

430.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

430.5.1 Controles

Rige lo que resulte aplicable del numeral 400.5.1 del Artículo 400.

430.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**430.5.2.1 Calidad de la emulsión**

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para la emulsión serán los establecidos en los Artículos 411 y 415, según corresponda.

430.5.2.2 Calidad de los agregados

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deberán realizar los ensayos que se encuentran indicados en la Tabla 430 - 1.

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se retirarán los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, se acopiarán por separado aquellos agregados que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas, y plasticidad, y se vigilará la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, se efectuarán las verificaciones de calidad de los agregados indicadas en la Tabla 430 - 4.

La curva granulométrica de cada ensayo individual deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la definida en la fase de experimentación con las tolerancias que se indican en la Tabla 430 - 2, pero sin permitir que la curva se salga de los límites de la franja. Si la curva granulométrica de algún ensayo no cumple con la anterior indicación, pero no se sale de los límites de la franja, será necesario verificar y, si es el caso, ajustar la dosificación del tratamiento superficial.

El Interventor podrá autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 430 - 4, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos

En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado insatisfactorio, se tomarán dos muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos de comprobación deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

430.5.2.3 Calidad del producto terminado

430.5.2.3.1 Tamaño del lote

Se considerará como "lote" que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área que resulte de los siguientes criterios.

- Quinientos metros lineales (500 m) de tratamiento construido;
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de tratamiento construido;
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

Tabla 430 - 4. Ensayos de verificación sobre los agregados para tratamientos superficiales simples

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Coeficiente de pulimento acelerado	E-232	1 por mes
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza (F)		
Contenido de impurezas	E-237	1 por jornada
Geometría de las partículas (F)		
Índices de alargamiento y aplanamiento	E-230	1 por semana
Porcentaje de caras fracturadas	E-227	1 por semana

En dicho lote, se efectuarán los controles indicados a continuación:

430.5.2.3.2 Aspectos generales

El tratamiento terminado deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la zona pavimentada no podrá ser, en ningún punto, inferior a la señalada en los planos o la determinada por el Interventor.

430.5.2.3.3 Tasa de aplicación

Las dosificaciones del asfalto y del agregado se comprobarán mediante las normas INV E-818 e INV E-819 respectivamente, en no menos de cinco (5) puntos del área considerada como lote, ubicados al azar según la norma de ensayo INV E-730, pero de

manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

Las tasas medias de aplicación de ligante residual (TML) y de agregados (TMA) por lote, no podrán variar en más de diez por ciento (10 %) de las autorizadas por el Interventor como resultado de la fase de experimentación (TEL y TEA).

$$0.9 \text{ TEL} \leq \text{TML} \leq 1.1 \text{ TEL}$$

[430.1]

$$0.9 \text{ TEA} \leq \text{TMA} \leq 1.1 \text{ TEA}$$

[430.2]

Así mismo, ningún ensayo individual podrá presentar un resultado que varíe en más de quince por ciento (15 %) de la tasa de aplicación de ligante o agregados autorizada por el Interventor (TEL o TEA).

Si alguno de los anteriores requisitos se incumple, se rechazará el lote. En caso de rechazo, el tratamiento superficial simple correspondiente al lote controlado deberá ser levantado mediante fresado y repuesto a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

430.5.2.3.4 Textura

Por lote se efectuarán, como mínimo y en sitios elegidos al azar, según la norma de ensayo INV E-730, tres (3) determinaciones de la profundidad de textura con el círculo de arena (INV E-791). El promedio de las lecturas deberá ser, cuando menos, igual a un milímetro y dos décimas (1.2 mm), sin que ninguno de los valores individuales sea inferior a un milímetro (1.0 mm).

En caso de que se presenten valores menores, el Interventor realizará medidas adicionales para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual

deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

El requisito de textura no será aplicable cuando el tratamiento superficial se construya para la protección de bermas.

430.5.2.3.5 Resistencia al deslizamiento

Antes de la puesta en servicio del tratamiento superficial simple, se harán las determinaciones de la resistencia al deslizamiento. Debido a que ésta se encuentra relacionada directamente con la seguridad de los usuarios, los puntos para su determinación en cada lote no se elegirán al azar, sino que serán ubicados por el Interventor en los lugares que considere más sensibles al deslizamiento vehicular en condición de superficie húmeda.

Las medidas se realizarán con el péndulo británico, en acuerdo con la norma de ensayo INV E-792, en tres (3) puntos por lote en zonas en tangente y en uno (1) por cada curva horizontal y por cada zona singular (glorieta, intersección, zona de frenado, etc.) incluida dentro del lote y ninguna de ellas podrá presentar un valor inferior al límite indicado en la Tabla 430 - 5, de acuerdo con el tránsito de diseño y el tipo de sección.

En caso de que se presenten valores menores, se realizarán medidas adicionales para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

La resistencia al deslizamiento se puede verificar también con dispositivos de rueda parcialmente

bloqueada (norma de ensayo INV E-815). En tal caso, la especificación particular indicará el equipo autorizado, así como los valores mínimos por alcanzar, los cuales deberán ser, cuando menos, equivalentes a los señalados en la Tabla 430 - 5 para el péndulo británico.

Tabla 430 - 5. Valores mínimos admisibles del coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo británico

TIPO DE SECCIÓN	COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO, MÍNIMO	
	NT1	NT2
Secciones críticas: - Glorietas - Intersecciones - Zonas de frenado frecuente - Curvas con radio de curvatura < 200 m - Tramos con pendiente > 5 % y longitud >100 m	0.50	0.55
Otras secciones	0.45	0.50

430.5.2.3.6 Regularidad superficial

Debido a sus características y limitado espesor, los tratamientos superficiales que van a servir como capa de rodadura no pueden corregir defectos asociados con la falta de regularidad del perfil longitudinal de la calzada. Por tal razón, no se permitirá la colocación del tratamiento, mientras no se garantice que la superficie de la capa sobre la cual se va a construir, cumpla los requisitos que se exigen sobre IRI en la especificación general o particular referente a dicha capa.

430.5.2.4 Modificación eventual de la extensión del lote

Si el Interventor considera que las deficiencias de calidad del producto terminado no son generalizadas en todo el lote

definido según los criterios establecidos en el numeral 430.5.2.3.1 de esta especificación, sino que se restringen a la superficie tratada por una sola carga del equipo empleado en la aplicación del ligante o del agregado, podrá modificar la extensión del “lote”, limitándola al área construida con dicha carga.

430.6 MEDIDA

Rige lo pertinente del numeral 400.6 del Artículo 400, y en particular lo indicado en el numeral 400.6.1.

430.7 FORMA DE PAGO

Rige lo pertinente del numeral 400.7 del Artículo 400, y en particular lo indicado en el numeral 400.7.2.

430.8 ÍTEM DE PAGO

430.1 Tratamiento superficial simple con emulsión CRR-2	Metro cuadrado (m ²)
430.2 Tratamiento superficial simple con emulsión CRR-2 m	Metro cuadrado (m ²)

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE

ARTÍCULO 431 – 13

431.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en dos aplicaciones de un material bituminoso sobre una superficie preparada, seguidas sucesivamente por la extensión y compactación de sendas capas de agregado pétreo, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, cotas y secciones indicados en los planos o establecidos por el Interventor.

Si los documentos del proyecto establecen la necesidad de colocar un sello de protección, éste se construirá de acuerdo con el Artículo 432.

431.2 MATERIALES

431.2.1 Agregados pétreos

Los agregados pétreos deberán cumplir los requisitos generales del Artículo 400, numeral 400.2.1, y los requisitos particulares de la Tabla 431 - 1.

Los agregados deberán presentar una gradación ajustada a alguna de las franjas indicadas en la Tabla 431 - 2.

La franja por utilizar corresponderá a la establecida en los estudios del proyecto o la determinada por el Interventor. Se podrán emplear otras franjas, si así lo establecen las especificaciones particulares del proyecto.

El material que produzca el Constructor, deberá dar lugar a una curva sensiblemente paralela a los límites de la franja por utilizar, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior del tamiz adyacente y viceversa.

431.2.2 Material bituminoso

Será una emulsión asfáltica catiónica de rotura rápida del tipo CRR-2 o una emulsión modificada con polímeros del tipo CRR-2m, la cual deberá cumplir los requisitos de calidad establecidos en los Artículos 411 o 415, según corresponda.

El tipo de emulsión por aplicar será el definido en los documentos técnicos del proyecto.

Tabla 431 - 1. Requisitos de los agregados para tratamiento superficial doble

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO	
		NT-1	NT-2
Dureza, agregado grueso (O)			
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%) - 500 revoluciones - 100 revoluciones	E-218	25 5	25 5
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	25
Coefficiente de pulimento acelerado, mínimo	E-232	0.45	0.45
Durabilidad (O)			
- Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, agregados fino y grueso, máximo (%)	E-220	18	18
Limpieza, agregado grueso (F)			
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	E-237	0.5	0.5
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)			
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%)	E-230	30	30
Caras fracturadas, mínimo (%): una cara / dos caras	E-227	75 / -	75 / 60
Adhesividad (O)			
Bandeja, mínimo (%)	E-740	80	80

Tabla 431 - 2. Gradaciones para tratamientos superficiales dobles

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	25.0	19.0	12.5	9.5	6.3	4.75	2.36	1.18
	3/4"	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	No. 4	No. 8	No. 16
	% PASA							
TSD – 25	100	90-100	10-45	0-15	-	0-5	-	-
TSD – 19	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5	-
TSD – 13	-	-	100	90-100	10-40	0-15	0-5	-
TSD – 10	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	0-5
Tolerancias en producción sobre la gradación definida en la fase de experimentación (±)	4 %						1 %	

431.2.3 Aditivos mejoradores de adherencia

Cuando se requieran, se deberán ajustar a lo descrito en el Artículo 412.

431.3 EQUIPO

Rige lo descrito en el numeral 400.3 del Artículo 400 y en el numeral 430.3 del Artículo 430.

431.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**431.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados**

Rige lo establecido en el Artículo 105, numeral 105.13.3.

431.4.2 Dosificación del tratamiento

Salvo justificación en contrario, la dosificación por utilizar se encontrará dentro de los límites indicados en la Tabla 431 - 3.

Tabla 431 - 3. Dosificación para tratamientos superficiales dobles

TIPO	APLICACIÓN	AGREGADOS		LIGANTE RESIDUAL (l/m ²)
		GRADACIÓN	DOSIFICACIÓN (l/m ²)	
1	Primera	TSD-25	12 – 14	1.3 – 1.8
	Segunda	TSD-13	6 – 8	0.8 – 1.2
2	Primera	TSD-19	8 – 10	0.9 – 1.3
	Segunda	TSD-10	5 – 7	0.7 – 1.0

De acuerdo con las características de la superficie sobre la cual se aplicará el tratamiento, las condiciones climáticas del lugar y el tránsito previsto, el Constructor hará un diseño preliminar del tratamiento por algún método empírico reconocido, cuyos resultados servirán de base para las primeras pruebas.

La dosificación definitiva del tratamiento superficial doble, incluyendo las adiciones que eventualmente se requieran para mejorar la adherencia entre el ligante y el agregado, será establecida por el Constructor y aprobada por el Interventor, dependiendo de las características de la obra y a la vista de los resultados de la fase de experimentación y previo el

cumplimiento de los requisitos indicados en el numeral 400.4.2 del Artículo 400.

Esta dosificación deberá verificarse y, si es el caso ajustarse, en caso de que la gradación durante producción no se ajuste a la definida en la fase de experimentación con las tolerancias que se indican en la Tabla 431 - 2.

El Interventor podrá autorizar que la primera aplicación del ligante se haga con la cantidad mínima necesaria para sujetar el agregado de cobertura correspondiente, debiéndose completar la dosificación exigida en la segunda aplicación.

431.4.3 Preparación de la superficie existente

Se aplicará todo lo descrito en el numeral 430.4.3 del Artículo 430.

431.4.4 Fase de experimentación

Rige lo establecido en el numeral 400.4.3 del Artículo 400.

431.4.5 Primera aplicación

431.4.5.1 Ligante bituminoso

Al respecto, resulta aplicable lo establecido en el numeral 430.4.5 del Artículo 430.

431.4.5.2 Agregado pétreo

Se aplicará lo descrito en el numeral 430.4.6 del Artículo 430.

431.4.5.3 Aplicación conjugada del ligante y los agregados pétreos

Cuando el trabajo se realice con un equipo multidistribuidor, se aplicará lo establecido en el numeral 430.4.7 del Artículo 430.

431.4.5.4 Compactación

Las operaciones de la primera compactación, que se limitarán a dos (2) pasadas, se realizarán con el compactador neumático y comenzarán inmediatamente después de la aplicación del agregado pétreo. En zonas en tangente, la

compactación se iniciará por el borde exterior y avanzando hacia el centro, traslapando cada pasada con la anterior. En curvas, se iniciará desde el borde inferior hacia el borde superior, traslapando cada recorrido con el anterior de acuerdo con las instrucciones del Interventor.

Se deberá impedir cualquier tipo de tránsito automotor sobre esta superficie.

431.4.6 Segunda aplicación

431.4.6.1 Ligante bituminoso

La segunda aplicación del ligante se realizará en la cantidad y a la temperatura aprobadas por el Interventor y, si las condiciones meteorológicas lo permiten, dentro de las veinticuatro (24) horas siguientes a la construcción de la primera capa.

Esta segunda aplicación se hará de la misma forma que la primera. Si en el primer riego se utiliza el criterio de la cantidad mínima necesaria mencionado en el numeral 431.4.2, la cantidad total dosificada se deberá completar en el segundo riego.

El ancho de franja en que se aplique este riego deberá variar en relación con el empleado en el primero en, aproximadamente, veinte centímetros (20 cm) en más o en menos, con el fin de evitar que la junta longitudinal de construcción se superponga con la de la primera capa, impidiendo la obtención de una superficie uniforme.

431.4.6.2 Agregado pétreo

La extensión se realizará con el agregado pétreo seleccionado para la construcción de esta capa y en la cantidad aprobada por el Interventor, de la misma forma que la primera e inmediatamente después de la segunda aplicación del material bituminoso.

431.4.6.3 Aplicación conjugada del ligante y los agregados pétreos

Cuando se emplee el equipo multidistribuidor, el ligante y el agregado para la segunda capa se aplicarán de igual forma que para la primera, con las dosificaciones de los materiales y gradación de los agregados, aprobadas previamente por el Interventor.

El ancho de franja en que se aplique este riego deberá variar en relación con el empleado en el primero en, aproximadamente, veinte centímetros (20 cm) en más o en menos, con el fin de evitar que la junta longitudinal de construcción se superponga con la de la primera capa, impidiendo la obtención de una superficie uniforme.

431.4.6.4 Compactación final

Inmediatamente después de la segunda extensión del agregado, se procederá a su compactación con el rodillo neumático, en sentido longitudinal, iniciando por el borde exterior y avanzando hacia el centro, traslapando cada pasada con la anterior. En curvas, se iniciará desde el borde inferior hacia el borde superior, traslapando cada recorrido con el anterior.

La compactación se deberá continuar hasta obtener una superficie lisa y estable en un lapso no mayor de treinta (30) minutos, contados desde el instante de ser iniciada la extensión del agregado de la segunda capa.

431.4.7 Acabado, limpieza y eliminación de sobrantes

Se aplica lo descrito en el numeral 430.4.9 del Artículo 430.

431.4.8 Apertura al tránsito

Es aplicable lo descrito en el numeral 430.4.10 del Artículo 430.

431.4.9 Limitaciones en la ejecución

Se aplicará lo indicado en el numeral 430.4.11 del Artículo 430.

431.4.10 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

431.4.11 Reparaciones

Se aplicará lo señalado en el numeral 430.4.13 del Artículo 430.

431.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

431.5.1 Controles

Rige lo que resulte aplicable del numeral 400.5.1 del Artículo 400.

431.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**431.5.2.1 Calidad de la emulsión**

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para la emulsión serán los establecidos en los Artículos 411 y 415, según corresponda.

431.5.2.2 Calidad de los agregados

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deberán realizar los ensayos que se encuentran indicados en la Tabla 431 - 1.

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y retirarán los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, se acopiarán por separado aquellos agregados que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas, y plasticidad, y se vigilará la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, se efectuarán las verificaciones de calidad de los agregados indicadas en la Tabla 431 - 4.

La curva granulométrica de cada ensayo individual deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la definida en la fase de experimentación con las tolerancias que se indican en la Tabla 431 - 2, pero sin permitir que la curva se salga de los límites de la franja. Si la curva granulométrica de algún ensayo no cumple con la anterior indicación, pero no se sale de los límites de la franja, será necesario verificar y, si es el caso, ajustar la dosificación del tratamiento superficial.

El Interventor podrá autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 431 - 4, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos

En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado insatisfactorio, se tomarán dos muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos de comprobación deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

431.5.2.3 Calidad del producto terminado

431.5.2.3.1 Tamaño del lote

Se considerará como "lote" que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área que resulte de los siguientes criterios, para cada una de las capas del tratamiento superficial doble.

- Quinientos metros lineales (500 m) de tratamiento construido;
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de tratamiento construido;

- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

En dicho lote, se efectuarán los controles indicados en los siguientes numerales.

Tabla 431 - 4. Ensayos de verificación sobre los agregados para tratamientos superficiales dobles

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Coeficiente de pulimiento acelerado	E-232	1 por mes
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza (F)		
Contenido de impurezas	E-237	1 por jornada
Geometría de las partículas (F)		
Índices de alargamiento y aplanamiento	E-230	1 por semana
Porcentaje de caras fracturadas	E-227	1 por semana

431.5.2.3.2 Aspectos generales

El tratamiento terminado deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la zona pavimentada no podrá ser, en ningún punto, inferior a la señalada en los planos o la determinada por el Interventor.

431.5.2.3.3 Tasa de aplicación

Las dosificaciones del asfalto y del agregado se comprobarán en cada capa mediante las normas INV E-818 y 819 respectivamente, en no menos de cinco

(5) puntos del área considerada como lote, ubicados al azar según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

Las tasas medias de aplicación de ligante residual (TML) y de agregados (TMA) por lote, no podrán variar en más de diez por ciento (10 %) de las autorizadas por el Interventor como resultado de la fase de experimentación (TEL y TEA).

$$0.9 \text{ TEL} \leq \text{TML} \leq 1.1 \text{ TEL}$$

[431.1]

$$0.9 \text{ TEA} \leq \text{TMA} \leq 1.1 \text{ TEA}$$

[431.2]

Así mismo, ningún ensayo individual podrá presentar un resultado que varíe en más de quince por ciento (15 %) de la tasa de aplicación de ligante o agregados autorizada por el Interventor (TEL o TEA).

Si alguno de los anteriores requisitos se incumple, se rechazará el lote. En caso de rechazo de un lote correspondiente a la primera capa, la capa correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

En caso de rechazo de un lote correspondiente a la segunda capa, todo el espesor de tratamiento superficial doble correspondiente al lote controlado deberá ser levantado mediante fresado y repuesto a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

En ambos casos, el material fresado será de propiedad del Constructor.

431.5.2.3.4 Textura

Sobre la segunda capa se efectuarán como mínimo y en sitios elegidos al azar, según la norma de ensayo INV E-730, tres (3) determinaciones por lote de la profundidad de textura con el círculo de arena (INV E-791). El promedio de las lecturas deberá ser, cuando menos, igual a un milímetro (1.0 mm), sin que ninguno de los valores individuales sea inferior o décimas de milímetro (0.8 mm).

En caso de que se presenten valores menores, el Interventor realizará medidas adicionales para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

El requisito de textura no será aplicable cuando el tratamiento superficial doble se construya para la protección de bermas.

431.5.2.3.5 Resistencia al deslizamiento

Antes de la puesta en servicio del tratamiento superficial doble, se harán las determinaciones de la resistencia al deslizamiento. Debido a que ésta se encuentra relacionada directamente con la seguridad de los usuarios, los puntos para su determinación en cada lote no se elegirán al azar, sino que serán ubicados por el Interventor en los lugares que considere más sensibles al deslizamiento vehicular en condición de superficie húmeda.

Las medidas se realizarán con el péndulo británico, en acuerdo con la norma de ensayo INV E-792, en tres (3) puntos por lote en zonas en tangente y en uno (1) por cada curva horizontal y por cada zona singular (glorieta, intersección, zona de frenado, etc.) incluida dentro del lote y ninguna de ellas

podrá presentar un valor inferior al límite indicado en la Tabla 431 - 5, de acuerdo con el tránsito de diseño y el tipo de sección.

En caso de que se presenten valores menores, se realizarán medidas adicionales para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

Tabla 431 - 5. Valores mínimos admisibles del coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo británico

TIPO DE SECCIÓN	COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO, MÍNIMO	
	NT1	NT2
Secciones críticas: - Glorietas - Intersecciones - Zonas de frenado frecuente - Curvas con radio de curvatura < 200 m - Tramos con pendiente > 5 % y longitud ≥ 100 m	0.50	0.55
Otras secciones	0.45	0.50

La resistencia al deslizamiento se puede verificar también con dispositivos de rueda parcialmente bloqueada (norma de ensayo INV E-815). En tal caso, la especificación particular indicará el equipo autorizado, así como los valores mínimos por alcanzar, los cuales deberán ser, cuando menos, equivalentes a los señalados en la Tabla 431 - 5 para el péndulo británico

431.5.2.3.6 Regularidad superficial

Debido a sus características y limitado espesor, los tratamientos superficiales que van a servir como capa de rodadura no pueden corregir defectos asociados con la falta de regularidad del perfil

longitudinal de la calzada. Por tal razón, no se permitirá la colocación del tratamiento, mientras no se garantice que la superficie de la capa sobre la cual se va a construir, cumpla los requisitos que se exigen sobre IRI en la especificación general o particular referente a dicha capa.

431.5.2.4 Modificación eventual de la extensión del lote

Si el Interventor considera que las deficiencias de calidad del producto terminado no son generalizadas en todo el lote definido según los criterios establecidos en el numeral 431.5.2.3.1, sino que se restringen a la superficie tratada por una sola carga del equipo empleado en la aplicación del ligante o del agregado, podrá modificar la extensión del “lote”, limitándola al área construida con dicha carga.

431.6 MEDIDA

Rige lo pertinente del numeral 400.6 del Artículo 400, y en particular lo indicado en el numeral 400.6.1.

431.7 FORMA DE PAGO

Rige lo pertinente del numeral 400.7 del Artículo 400, y en particular lo indicado en el numeral 400.7.2.

431.8 ÍTEM DE PAGO

431.1 Tratamiento superficial doble con emulsión CRR-2	Metro cuadrado (m ²)
--	----------------------------------

431.2 Tratamiento superficial doble con emulsión CRR-2 m	Metro cuadrado (m ²)
--	----------------------------------

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

SELLO DE ARENA - ASFALTO

ARTÍCULO 432 – 13

432.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la aplicación de un material bituminoso sobre la superficie de un pavimento existente, seguida por la extensión y compactación de una capa de arena, de acuerdo con lo que establece esta especificación, los documentos del proyecto y las instrucciones del Interventor.

432.2 MATERIALES

432.2.1 Agregados pétreos

Estarán constituidos por agregado fino que cumpla los requisitos generales del Artículo 400, numeral 400.2.1, y las exigencias particulares de calidad establecidas en la Tabla 432 - 1.

Tabla 432 - 1. Requisitos de los agregados para sellos de arena-asfalto

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO	
		NT-1	NT-2
Durabilidad (O)			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, máximo (%)	E-220	18	
Limpieza (F)			
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	NP	
Equivalente de arena, mínimo (%) (Nota 1)	E-133	50	
Valor de azul de metileno (si aplica), máximo (Nota 1)	E-235	10	
Geometría de las partículas (F)			
Angularidad de la fracción fina, mínimo (%)	E-239	45 %	
Adhesividad (O)			
Riedel Webber, mínimo	E-774	4	

Nota 1: En caso de que no se cumpla el valor mínimo de equivalente de arena señalado en la Tabla 432 - 1, el agregado se aceptará si el equivalente de arena es superior a 40 y, simultáneamente, el valor de azul de metileno, determinado mediante la norma de ensayo INV E-235, es inferior a diez (10).

Su gradación se deberá encontrar dentro de los límites indicados en la Tabla 432 - 2.

Tabla 432 - 2. Gradación para sellos de arena-asfalto

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)						
	9.5	4.75	2.36	1.15	0.600	0.300	0.150
	3/8"	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100
	% PASA						
SAA - 10	100	95-100	80-100	50-85	25-60	10-30	2-10

432.2.2 Material bituminoso

Será una emulsión catiónica de rotura rápida del tipo CRR-2 o una emulsión de rotura rápida modificada con polímeros del tipo CRR-2m, que cumpla los requisitos de calidad indicados en los Artículos 411 o 415, según corresponda.

432.3 EQUIPO

Se aplica lo que sea pertinente del numeral 400.3 del Artículo 400.

Para la ejecución de sellos de arena-asfalto se requieren, básicamente, equipo para la explotación, elaboración y clasificación de agregados, para la limpieza de la superficie, distribuidor autopropulsado del material bituminoso, esparcidor mecánico de agregado pétreo, compactadores y herramientas menores.

Para la compactación se emplearán rodillos neumáticos de un peso superior a cinco toneladas (5 t), cuya presión de inflado de las llantas deberá tener la aprobación del Interventor. Todos los compactadores deberán ser autopropulsados y estar dotados de dispositivos para la limpieza de sus llantas durante la compactación, así como inversores de marcha suaves.

432.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

432.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el Artículo 105, numeral 105.13.3.

432.4.2 Dosificación del sello

Las cantidades por aplicar de material bituminoso y arena se definirán en el sitio de los trabajos en función del estado de la superficie por proteger, las condiciones ambientales de la región, la intensidad y magnitud del tránsito circulante y los resultados de la fase de experimentación y previo el cumplimiento de los requisitos indicados en el numeral 400.4.2 del Artículo 400.

La Tabla 432 - 3 presenta una guía para la dosificación inicial del sello arena-asfalto.

Tabla 432 - 3. Dosificación guía para sellos arena-asfalto

TIPO DE GRADACIÓN	DOSIFICACIÓN (l/m ²)	
	AGREGADOS	LIGANTE RESIDUAL
SAA – 10	3.5 a 7.0	0.5 a 1.0

432.4.3 Preparación de la superficie existente

Antes de aplicar el riego del material bituminoso, la superficie se deberá encontrar seca y libre de polvo, tierra o cualquier otra sustancia objetable.

Las reparaciones previas que requiera el pavimento, se deberán efectuar conforme lo indiquen las especificaciones correspondientes.

432.4.4 Aplicación del ligante bituminoso

Antes de la aplicación del ligante se marcará una línea guía en la calzada para controlar el paso del distribuidor y se señalará la longitud de la carretera que quedará cubierta, de acuerdo con la cantidad de emulsión asfáltica disponible en el distribuidor y la capacidad de extensión del esparcidor de agregados pétreos.

La dosificación elegida del ligante se aplicará de manera uniforme a una temperatura que corresponda a una viscosidad Saybolt-Furol comprendida entre veinticinco y cien segundos (25sSF a 100 sSF), evitando duplicaciones de dotación en las juntas transversales de trabajo, para lo cual se colocarán fajas de papel grueso, de ancho no menor a un

metro (1.0 m), bajo los difusores, en aquellas zonas donde comience o se interrumpa la aplicación.

Al comienzo de cada jornada de trabajo se deberá verificar la uniformidad del riego. Si fuere necesario, se calentarán las boquillas de irrigación antes de cada descarga. La bomba y la barra de distribución se deberán limpiar al final de la jornada.

Durante la aplicación del ligante se deberán proteger todos los elementos que señale el Interventor, tales como bordillos, vallas o árboles. En trabajos de prueba o de limpieza de los equipos, no se permitirá descargar el material bituminoso en zanjas o zonas próximas a la carretera.

No se permitirá ningún tipo de tránsito sobre el ligante aplicado.

432.4.5 Extensión del agregado pétreo

La extensión del agregado se realizará de manera uniforme, en la cantidad aprobada por el Interventor e inmediatamente después de la aplicación del ligante bituminoso. La distribución del agregado se hará de manera que se evite el tránsito del esparcidor sobre la capa del ligante sin cubrir. En el instante de la extensión, la humedad del agregado deberá ser tal, que no perjudique su adhesividad con el ligante bituminoso empleado.

Cuando el material bituminoso se aplique por franjas, el agregado se esparcirá de forma que quede sin cubrir una banda de quince a veinte centímetros (15 cm a 20 cm) de la zona tratada, alledaña a la zona que aún no ha recibido el riego, con el fin de completar en dicha banda la dosificación prevista del ligante al efectuar su aplicación en la franja adyacente.

Si el Interventor lo aprueba, el esparcimiento de la arena podrá ser manual con ayuda de palas.

432.4.6 Compactación

Las operaciones de compactación se realizarán con el compactador neumático y comenzarán inmediatamente después de la aplicación de la arena. En zonas en tangente, la compactación se iniciará por el borde exterior avanzado hacia el centro, traslapando cada pasada con la anterior. En curvas, se iniciará desde el borde inferior hacia el borde

superior, traslapando cada recorrido con el anterior de acuerdo con las instrucciones del Interventor.

432.4.7 Acabado, limpieza y eliminación de sobrantes

Una vez terminada la compactación y transcurrido el plazo necesario para que el ligante utilizado alcance la cohesión suficiente para resistir la acción normal del tránsito vehicular, se barrerá de manera enérgica la superficie del sello para eliminar todo exceso de arena que haya quedado suelto sobre la superficie, operación que deberá continuar aún después de que el tramo con el sello haya sido abierto al tránsito hasta eliminar completamente la arena suelta.

El material sobrante de esta operación deberá ser recogido por el Constructor, quien lo dispondrá en los sitios que autorice el Interventor.

432.4.8 Apertura al tránsito

Siempre que sea posible, se deberá evitar todo tipo de tránsito sobre el sello recién ejecutado durante las veinticuatro (24) horas siguientes a su terminación. Si ello no es factible, se deberán tomar medidas para que los vehículos no circulen a una velocidad superior a treinta kilómetros por hora (30 km/h).

432.4.9 Limitaciones en la ejecución

Por ningún motivo se permitirá la ejecución del tratamiento cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a cinco grados Celsius (5°C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

Los trabajos de construcción del sello de arena-asfalto se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

432.4.10 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

432.4.11 Reparaciones

Todos los defectos que se presenten durante la ejecución del sello, tales como juntas irregulares, defectos transversales en la aplicación del ligante o el agregado, irregularidades del alineamiento, etc., así como los que se deriven de un incorrecto control del tránsito recién terminados los trabajos, deberán ser corregidos por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones del Interventor, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

432.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

432.5.1 Controles

Rige todo lo que resulte aplicable del numeral 400.5.1 del Artículo 400.

432.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**432.5.2.1 Calidad de la emulsión**

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para la emulsión serán los establecidos en los Artículos 411 y 415, según corresponda.

432.5.2.2 Calidad del agregado

De cada procedencia del agregado y para cualquier volumen previsto se tomarán dos (2) muestras de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma INV E-201 y para cada fracción de ellas se realizarán los ensayos indicados en la Tabla 432 - 1, cuyos resultados deberán satisfacer, en su totalidad, las exigencias allí indicadas. Además, durante la etapa de producción, se efectuarán las verificaciones de calidad del agregado indicadas en la Tabla 432 - 4.

Tabla 432 - 4. Ensayos de verificación sobre el agregado para sellos de arena-asfalto

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza (F)		
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana
Valor de azul de metileno (Nota 1)	E-235	1 por semana
Geometría de las partículas (F)		
Angularidad de la fracción fina	E-239	1 por jornada
Adhesividad (O)		
Riedel Webber	E-774	1 por semana

Nota 1: En caso de que no se cumpla el valor mínimo de equivalente de arena señalado en la Tabla 432 - 1.

El Interventor podrá autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 432 - 4, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En ningún caso se permitirá el empleo de agregados pétreos que no satisfagan los requisitos pertinentes del numeral 432.2.1. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado insatisfactorio, se tomarán dos muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos de comprobación deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

432.5.2.3 Calidad del producto terminado

Se considerará como "lote" que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área que resulte de los siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500 m) de calzada con sello de arena-asfalto;

- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de sello de arena-asfalto;
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

En dicho lote, se efectuarán los controles indicados a continuación:

432.5.2.3.1 Tasa de aplicación

Las dosificaciones del asfalto y del agregado se comprobarán mediante las normas INV E-818 y 819 respectivamente, en no menos de cinco (5) puntos del área considerada como lote, ubicados al azar según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

Las tasas medias de aplicación de ligante residual (TML) y de agregados (TMA) por lote, no podrán variar en más de veinte por ciento (20%) de las autorizadas por el Interventor (TEL y TEA).

$0.8 \text{ TEL} \leq \text{TML} \leq 1.2 \text{ TEL}$	[432.1]
$0.8 \text{ TEA} \leq \text{TMA} \leq 1.2 \text{ TEA}$	[432.2]

Así mismo, ningún ensayo individual podrá presentar un resultado que varíe en más de veinte por ciento (20%) de la tasa de aplicación de ligante o agregados autorizada por el Interventor (TEL o TEA).

Si lo anterior no se cumple, se rechazará el lote, salvo que se demuestre que el área con dosificación por fuera de la tolerancia presentará un comportamiento satisfactorio y se garantice, en cualquier punto, un coeficiente de resistencia al deslizamiento igual o superior al especificado en el inciso siguiente.

En caso de que no se pueda demostrar que el área construida con dosificación por fuera de la tolerancia presentará un comportamiento satisfactorio, e independientemente de que se cumplan los requisitos de resistencia al deslizamiento, el sello de arena-asfalto correspondiente al lote controlado deberá ser levantado mediante fresado y repuesto a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. Si durante el proceso de remoción del sello se causa algún deterioro a la capa subyacente, ésta deberá ser reparada a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, antes de reponer el sello.

El material fresado será de propiedad del Constructor.

432.5.2.3.2 Resistencia al deslizamiento

Antes de la puesta en servicio del sello de arena-asfalto, se harán las determinaciones de la resistencia al deslizamiento. Debido a que ésta se encuentra relacionada directamente con la seguridad de los usuarios, los puntos para su determinación en cada lote no se elegirán al azar, sino que serán ubicados por el Interventor en los lugares que considere más sensibles al deslizamiento vehicular en condición de superficie húmeda.

Las medidas se realizarán con el péndulo británico, en acuerdo con la norma de ensayo INV E-792, en tres (3) puntos por lote en zonas en tangente y en uno (1) por cada curva horizontal y por cada zona singular (glorieta, intersección, zona de frenado, etc.) incluida dentro del lote y ninguna de ellas podrá presentar un valor inferior al límite indicado en la Tabla 432 - 5, de acuerdo con el tránsito de diseño y el tipo de sección.

Tabla 432 - 5. Valores mínimos admisibles del coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo británico

TIPO DE SECCIÓN	COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO, MÍNIMO	
	NT1	NT2
Secciones críticas: - Glorietas - Intersecciones - Zonas de frenado frecuente - Curvas con radio de curvatura < 200 m - Tramos con pendiente > 5 % y longitud ≥ 100 m	0.50	0.55
Otras secciones	0.45	0.50

La resistencia al deslizamiento se puede verificar también con dispositivos de rueda parcialmente bloqueada (norma de ensayo INV E-815). En tal caso, la especificación particular indicará el equipo autorizado, así como los valores mínimos por alcanzar, los cuales deberán ser, cuando menos, equivalentes a los señalados en la Tabla 432 - 5 para el péndulo británico

En caso de que se presenten valores menores, el Interventor realizará medidas adicionales para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

432.5.2.3.3 Regularidad superficial

Debido a sus características y limitado espesor, los sellos de arena-asfalto no pueden corregir defectos asociados con la falta de regularidad del perfil longitudinal de la calzada. Por tal razón, no se permitirá la colocación del sello, mientras no se garantice que la superficie de la capa sobre la cual se va a construir, cumpla los requisitos que se exigen

sobre IRI en la especificación general o particular referente a dicha capa.

432.5.2.4 Modificación eventual de la extensión del lote

Si el Interventor considera que las deficiencias de calidad del producto terminado no son generalizadas en toda el área correspondiente a un lote, sino que se restringen a la superficie tratada por una sola carga del equipo empleado en la aplicación del ligante o del agregado, podrá modificar la extensión del “lote”, limitándola al área construida con dicha carga.

432.6 MEDIDA

Rige lo pertinente del numeral 400.6 del Artículo 400, y en particular lo indicado en el numeral 400.6.1.

432.7 FORMA DE PAGO

Rige lo pertinente del numeral 400.7 del Artículo 400, y en particular lo indicado en el numeral 400.7.2.

432.8 ÍTEM DE PAGO

432.1 Sello de arena-asfalto con emulsión CRR-2	Metro cuadrado(m ²)
432.2 Sello de arena-asfalto con emulsión CRR-2m	Metro cuadrado(m ²)

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente
NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

LECHADA ASFÁLTICA

ARTÍCULO 433 – 13

433.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la elaboración de una mezcla de agregados pétreos, agua, emulsión asfáltica de rotura lenta, convencional o modificada con polímeros, llenante mineral y, eventualmente, aditivos, sobre la superficie de una vía, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, cotas y secciones indicados en los planos o determinados por el Interventor.

433.2 MATERIALES

433.2.1 Agregados pétreos y llenante mineral

433.2.1.1 Requisitos generales

Los agregados pétreos y el llenante mineral deberán cumplir los requisitos generales del Artículo 400, numeral 400.2.1, y los requisitos particulares de la Tabla 433 - 1.

Tabla 433 - 1. Requisitos de los agregados para lechadas asfálticas

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO		
		NT-1	NT-2	NT-3
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%)	E-218	25	25	25
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	25	20
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, máximo (%)	E-220	18	18	18
Limpieza, gradación combinada (F)				
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	NP	NP	NP
Equivalente de arena, mínimo (%) (Nota 1)	E-133	50	50	50
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 1)	E-235	10	10	10
Geometría de las partículas, agregado fino (F)				
Angularidad de la fracción fina, método A, mínimo (%)	E-239	45	45	45
Adhesividad (O)				
Riedel Webber, mínimo	E- 774	4	4	4

Nota 1: El equivalente de arena será el del agregado finalmente obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones, según las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo y antes de la incorporación del llenante mineral de aporte. En caso de que no se cumpla el valor mínimo de equivalente de arena señalado en la Tabla 433 - 1, el agregado se aceptará si su equivalente de arena es superior a 40 y, simultáneamente, el valor de azul de metileno, determinado mediante la norma de ensayo INV E-235, es inferior a diez (10).

433.2.1.2 Agregado fino

El agregado fino deberá proceder en su totalidad de la trituración de piedra de cantera o de grava natural, o parcialmente de fuentes naturales de arena. La proporción de arena natural no podrá exceder del veinticinco por ciento (25 %) de la masa total del agregado combinado.

433.2.1.3 Llenante mineral

El llenante mineral incluido en los agregados se podrá complementar o suplir con un producto comercial o especialmente preparado, generalmente cal o cemento, cuya misión sea controlar el proceso de rotura de la emulsión o activar la consecución de la cohesión de la lechada asfáltica. Deberá cumplir con lo indicado en la Tabla 433 - 2.

Tabla 433 - 2. Requisitos del llenante mineral

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	VALOR
Densidad bulk (g/cm ³)	E-225	0.5 a 1.1

433.2.1.4 Granulometría

La mezcla de agregados y llenante se deberá ajustar a alguna de las gradaciones que se indican en la Tabla 433 - 3. La gradación por utilizar estará indicada en los estudios técnicos del proyecto y dependerá del estado de la superficie y de la función que vaya a cumplir la lechada.

433.2.2 Material bituminoso

Será una emulsión catiónica convencional, de rotura lenta y superestable del tipo CRL1-h, que cumpla los requisitos indicados en Artículo 411, o una emulsión modificada con polímeros, catiónica de rotura lenta y superestable del tipo CRL1-hm, que cumpla los requisitos indicados en el Artículo 415.

Los documentos técnicos del proyecto indicarán el tipo de emulsión por emplear.

Tabla 433 - 3. Gradaciones del agregado para lechadas asfálticas

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
	12.5	9.5	4.75	2.36	1.15	0.60	0.30	0.18	0.075
	1/2"	3/8"	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 80	No.200
	% PASA								
LA – 13	100	85-100	60-85	40-60	28-45	19-34	12-25	7-18	4-8
LA – 10	-	100	70-90	45-70	28-50	19-34	12-25	7-18	5-11
LA – 5	-	100	85-100	65-90	45-70	30-50	18-30	10-20	5-15
LA – 3	-	-	100	95-100	65-90	40-60	24-42	15-30	10-20
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	4 %			3 %					1 %

433.2.3 Agua

El agua para la preenvuelta deberá ser limpia y libre de materia orgánica. Su calidad deberá ser tal, que no afecte el proceso normal de elaboración, rotura y curado de la lechada. Puede ser agua potable; si no lo es, deberá cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 433 - 4.

Tabla 433 - 4. Requisitos del agua no potable para la construcción lechadas asfálticas

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO ASTM	REQUISITO
pH	D 1293	5.5 - 8.0
Contenido de sulfatos, expresado como $\text{SO}_4^{=}$, g/l máximo	D 516	1.0

433.2.4 Aditivos para control de rotura

Cuando las características del proyecto exijan un control especial de los tiempos de rotura y apertura al tránsito, se emplearán aditivos cuyas características se definirán en las especificaciones particulares de construcción. Su dosificación y modo de dispersión deberán contar con el visto bueno del Interventor.

433.2.5 Aditivos para modificar la reología

En caso de incorporar productos modificadores de la reología de una lechada asfáltica elaborada con emulsión asfáltica convencional, fibras por ejemplo, los estudios técnicos del proyecto determinarán su dosificación, así como la del ligante utilizado, de manera que el comportamiento de la lechada sea semejante al que se obtendría al emplear una emulsión modificada con polímeros.

433.3 EQUIPO

Aplica lo que sea pertinente del numeral 400.3 del Artículo 400.

El equipo deberá incluir los elementos necesarios para la explotación, elaboración y clasificación de agregados, una mezcladora móvil autopropulsada para la fabricación y extensión de la lechada; elementos para la limpieza de la superficie, elementos para el humedecimiento de la superficie y herramientas menores para correcciones localizadas durante la extensión de la lechada.

La mezcladora móvil será de tipo continuo, dotada de las tolvas, tanques y dispositivos necesarios, sincronizados para dosificar los agregados, el llenante, el agua, la emulsión y los aditivos que requiera la lechada, de manera que permita obtener la composición correspondiente a la fórmula de trabajo; tendrá, además, un mezclador y una caja repartidora o rastra provista de dispositivos para evitar pérdidas laterales y de una maestra regulable de caucho que permita el correcto reparto, extensión y buena terminación de la lechada. La rastra deberá llevar en su interior un dispositivo que reparta uniformemente la lechada asfáltica ante la maestra.

El mezclador de la máquina deberá ser de doble eje y de paletas múltiples, siempre que la lechada se elabore con una emulsión asfáltica modificada con polímeros.

433.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

433.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el Artículo 105, numeral 105.13.3.

433.4.2 Diseño de la lechada y obtención de la fórmula de trabajo

Rige todo lo que resulte pertinente del numeral 400.4.2 del Artículo 400.

La consistencia apropiada de la lechada se determinará en el laboratorio por medio de la prueba del cono de consistencia (norma de ensayo INV E-777).

El contenido óptimo de ligante se determinará mediante los ensayos mecánicos de abrasión en pista húmeda, según la norma de ensayo INV E-778 y absorción de arena en la máquina de rueda cargada, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-779. Para la elección del contenido óptimo, se tendrán en cuenta los criterios indicados en la Tabla 433 - 5.

Salvo que los ensayos del diseño indiquen lo contrario, la composición de la lechada se ajustará a lo establecido en la Tabla 433 - 6.

La lechada asfáltica no se podrá fabricar a escala industrial, mientras el Interventor no haya aprobado la fórmula de trabajo y realizado las verificaciones correspondientes en la fase de experimentación.

Tabla 433 - 5. Criterios para el diseño de lechadas asfálticas

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INV	VALOR MÁXIMO
Pérdida en el ensayo de abrasión en pista húmeda	E-778	0.065 g/cm ²
Absorción de arena en la máquina de rueda cargada: Tránsito medio diario (vehículos):	E-779	1 por semana
- Menos de 300		0.08 g/cm ²
- De 300 a 1500		0.07 g/cm ²
- Más de 1500		0.06 g/cm ²

433.4.3 Preparación de la superficie existente

Antes de proceder a la aplicación de la lechada asfáltica, la superficie que habrá de recibirla se limpiará de polvo, barro seco o cualquier material suelto que pueda ser perjudicial, utilizando barredoras mecánicas o máquinas sopladoras. Sólo se permitirá el uso de escobas manuales en lugares inaccesibles a los equipos mecánicos o donde las autoridades ambientales prohíban el uso de éstos.

Si la superficie sobre la cual se va a aplicar la lechada corresponde a un pavimento asfáltico, se deberán eliminar previamente, mediante fresado, todos los excesos de ligante que puedan existir y se repararán todos los desperfectos que puedan impedir una correcta adherencia de la lechada asfáltica.

Tabla 433 - 6. Composición de las lechadas asfálticas

COMPOSICIÓN	TIPO DE GRADACIÓN			
	LA-13	LA-10	LA-5	LA-3
Ligante residual (% en masa sobre agregados)	5.5 a 7.5	6.5 a 12	7.0 a 13	10 a 15
Agua de preenvuelta (% en masa sobre agregados)	8 a 12	10 a 15	10 a 15	10 a 20
Agua total (% en masa sobre agregados)	10 a 20	10 a 20	10 a 20	10 a 30
Cantidad de lechada (kg/m ²)	15 a 20	10 a 15	7 a 12	4 a 8
Capa en que se aplica	2ª o única		cualquiera	1ª o única

433.4.4 Fase de experimentación

Aplica lo indicado en el numeral 400.4.3 del Artículo 400.

433.4.5 Elaboración y aplicación de la lechada asfáltica

Una vez preparada y antes de iniciar la extensión de la lechada, la superficie por tratar deberá ser humedecida con agua de manera uniforme en una cantidad que se fijará en acuerdo con el Interventor, a la vista del estado de la superficie y las condiciones climatológicas prevalecientes.

Las proporciones de los componentes de la lechada deberán corresponder a la fórmula de trabajo aprobada.

La incorporación de los ingredientes se hará de manera que la envuelta de los agregados por parte del ligante sea completa y homogénea mientras la lechada permanezca en el cajón mezclador.

La lechada preparada en el cajón mezclador de la máquina pasará a través de una compuerta vertedero a la caja repartidora, la cual se encargará de distribuirla de manera uniforme sobre la superficie.

El avance del equipo se hará paralelamente al eje de la carretera y su velocidad se ajustará para garantizar una aplicación correcta de la lechada y una textura uniforme.

El espesor de puesta en obra de la lechada no deberá exceder el correspondiente al tamaño máximo nominal del agregado pétreo empleado en su elaboración.

433.4.6 Juntas de trabajo

Las juntas de trabajo longitudinales no podrán presentar traslajos ni áreas sin cubrir y las acumulaciones que se produzcan serán alisadas manualmente de manera inmediata, antes de la rotura de la emulsión. Al finalizar la extensión de una franja, se realizará una junta transversal de trabajo, la cual deberá ser recta y perpendicular al eje de la vía. Los traslajos de las juntas transversales deberán ser alisados antes de la rotura de la emulsión, de modo que no se presenten cambios apreciables en la uniformidad de la superficie.

433.4.7 Aplicación en varias capas

En caso de estar prevista una segunda aplicación de lechada asfáltica, ésta no se podrá efectuar hasta cuando haya curado por completo el material extendido en la primera aplicación y haya sido sometido al tránsito automotor al menos durante un (1) día. El material que se desprenda deberá ser barrido antes de proceder a la aplicación de la segunda capa.

Las juntas longitudinales y transversales de la segunda capa no deberán coincidir con las de la primera.

433.4.8 Apertura al tránsito

Se deberá impedir la circulación de todo tipo de tránsito sobre las capas que no hayan curado completamente. El tiempo requerido para dicho curado depende del tipo de emulsión, de las características de la mezcla y de las condiciones climáticas y será definido en la obra por el Interventor.

433.4.9 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la elaboración y aplicación de la lechada si la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie son inferiores a cinco grados Celsius (5° C) o haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra.

Los trabajos de construcción del tratamiento superficial se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

433.4.10 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

433.4.11 Reparaciones

Todos los defectos que se presenten durante la ejecución de la lechada asfáltica, tales como juntas irregulares, deficiencias o excesos de dosificación, irregularidades en el alineamiento, huellas del tránsito sobre la lechada sin curar, etc., deberán ser corregidos por el Constructor, sin costo para el Instituto Nacional de Vías, a plena satisfacción del Interventor.

433.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

433.5.1 Controles

Rige lo indicado en el numeral 400.5.1 del Artículo 400.

433.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

433.5.2.1 Calidad de la emulsión

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para la emulsión serán los establecidos en los Artículos 411 o 415, según corresponda.

433.5.2.2 Calidad del agua

Siempre que el Interventor tenga alguna sospecha en relación con la calidad del agua empleada, verificará su pH y su contenido de sulfatos, cuyos valores deberán ser acordes con lo exigido en el numeral 433.2.3, para permitir su empleo.

433.5.2.3 Calidad de los agregados pétreos y el llenante mineral

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deberán realizar los ensayos que sean pertinentes de aquellos que se encuentran indicados en la Tabla 433 - 1.

Así mismo, para cada procedencia del llenante mineral y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y sobre ellas se determinará la densidad bulk (norma de ensayo INV E-225).

Los resultados de todas estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 433.2.1. Todos los materiales defectuosos serán rechazados por el Interventor.

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se retirarán agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, se acopiarán por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas y plasticidad, y se vigilará la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, efectuará las verificaciones de calidad de los agregados indicadas en la Tabla 433 - 7. Sobre el llenante mineral se efectuarán pruebas de densidad bulk (norma de ensayo INV E-225) a razón de una (1) vez por semana, como mínimo, y siempre que se cambie la procedencia del llenante.

El Interventor podrá autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 433 - 7, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En ningún caso se emplearán agregados o llenante que no satisfagan los requisitos pertinentes del numeral 433.2.1. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado insatisfactorio, se tomarán dos muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos de comprobación deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

Tabla 433 - 7. Ensayos de verificación sobre los agregados para lechadas asfálticas

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza, gradación combinada (F)		
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana
Valor de azul de metileno (Nota 1)	E-235	1 por semana
Geometría de las partículas, agregado fino (F)		
Angularidad de la fracción fina, método A	E-239	1 por jornada
Adhesividad (O)		
Riedel Webber	E-774	1 por semana

Nota 1: En caso de que no se cumpla el valor mínimo de equivalente de arena señalado en la Tabla 433 - 1.

433.5.2.4 Composición y resistencia de la lechada

433.5.2.4.1 Contenido de asfalto

Para efectos del control, se considerará como lote que se aceptará o rechazará en su totalidad, la

lechada asfáltica correspondiente a dos (2) cargas de la máquina mezcladora. De ella, se extraerá un mínimo de cinco (5) muestras de la mezcla en la descarga de la máquina, de una masa aproximada de dos kilogramos (2 kg) cada una, las cuales se emplearán en la determinación del contenido de asfalto (norma de ensayo INV E-732) y la granulometría de los agregados (norma de ensayo INV E-782).

El contenido medio de asfalto residual del tramo constituido por el lote (ART %) no deberá diferir del contenido de asfalto establecido en la fórmula de trabajo (ARF %) en más de medio por ciento (0.5 %).

$$(ARF\% - 0.5\%) \leq ART\% \leq (ARF\% + 0.5\%) \quad [433.1]$$

A su vez, sólo se admitirá un valor de contenido de asfalto residual de muestra individual (ARI %) que se aparte en más de uno por ciento (1.0 %) del valor medio del lote.

$$(ART\% - 1.0\%) \leq ARI\% \leq (ART\% + 1.0\%) \quad [433.2]$$

Si alguno de estos requisitos se incumple, se rechazará el lote. En este caso, la lechada asfáltica correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. Si durante el proceso de remoción de la lechada se causa algún deterioro a la capa subyacente, ésta deberá ser reparada a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, antes de reponer la lechada. El material fresado será de propiedad del Constructor.

433.5.2.4.2 Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados según la norma de ensayo INV E-782. La curva granulométrica, en cada ensayo individual, deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada y estar ajustada a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la Tabla 433 - 3. No se permitirá que la curva se salga de los límites de dicha franja.

Cuando los valores obtenidos incumplan los requisitos establecidos en la Tabla 433 - 3, pero no salgan de la franja, el Constructor deberá preparar una lechada con la gradación defectuosa y el porcentaje de emulsión que dé lugar al contenido medio de asfalto residual de la lechada elaborada con este agregado. Ella se someterá a las pruebas de resistencia y absorción mencionadas en el numeral 433.4.2 de esta especificación. En caso de no cumplir los requisitos exigidos por dichas pruebas, se rechazará el lote.

En caso de rechazo, la lechada asfáltica correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. Si durante el proceso de remoción de la lechada se causa algún deterioro a la capa subyacente, ésta deberá ser reparada a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, antes de reponer la lechada. El material fresado será de propiedad del Constructor.

433.5.2.4.3 Resistencia

Por cada lote se extraerán dos (2) muestras de la mezcla en la descarga de la máquina (una de cada carga que constituye el lote), con las cuales se elaborarán probetas para los ensayos de abrasión en

pista húmeda (norma de ensayo INV E-778) y absorción de arena en la máquina de rueda cargada (norma de ensayo INV E-779).

El desgaste medio (d_m) y la absorción media de arena (A_m), no deberán superar los valores definidos en la fórmula de trabajo (d_t) y (A_t) en más de veinte por ciento (20 %). En caso contrario, se rechazará el lote.

$d_m \leq 1.2 d_t$	[433.3]
--------------------	---------

$A_m \leq 1.2 A_t$	[433.4]
--------------------	---------

En caso de rechazo, la lechada asfáltica correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. Si durante el proceso de remoción de la lechada se causa algún deterioro a la capa subyacente, ésta deberá ser reparada a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, antes de reponer la lechada. El material fresado será de propiedad del Constructor.

433.5.2.5 Calidad del producto terminado

El pavimento terminado se deberá ajustar a las rasantes y pendientes establecidas y presentar una superficie uniforme. La distancia entre el eje del proyecto y el borde del pavimento tratado con lechada asfáltica no podrá ser, en ningún punto, inferior a la señalada en los planos o la determinada por el Interventor.

Para cada lote, se realizarán los siguientes controles:

433.5.2.5.1 Tasa de aplicación

La dotación de la lechada se verificará mediante el pesaje de bandejas metálicas u hojas de papel

resistente, colocadas durante la aplicación de la lechada, en no menos de cinco (5) puntos del área considerada como lote, ubicados al azar según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

La tasa media de aplicación (TMA), en kg/m^2 , no podrá variar en más de quince por ciento (15 %) de la autorizada como resultado de la fase de experimentación (TME), so pena del rechazo del tramo que constituye el lote.

$$0.85 \text{ TME} \leq \text{TMA} \leq 1.15 \text{ TME}$$

[433.5]

En caso de rechazo, la lechada asfáltica correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. Si durante el proceso de remoción de la lechada se causa algún deterioro a la capa subyacente, ésta deberá ser reparada a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, antes de reponer la lechada. El material fresado será de propiedad del Constructor.

433.5.2.5.2 Textura

Por cada lote se deberán efectuar, como mínimo, tres (3) pruebas de profundidad de textura con el círculo de arena (INV E-791). Las pruebas se realizarán dentro de los quince (15) días siguientes a la extensión de la lechada.

Ningún valor de la profundidad de textura podrá ser inferior en más de veinte por ciento (20 %) al promedio mínimo exigido en la Tabla 433 - 8.

El incumplimiento de este requisito implicará el rechazo del lote representado por los ensayos. En tal caso, la lechada deberá ser levantada mediante

fresado y repuesta con una adecuada, por cuenta del Constructor, a plena satisfacción del Interventor y sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías. Si durante el proceso de remoción de la lechada se causa algún deterioro a la capa subyacente, ésta deberá ser reparada a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, antes de reponer la lechada.

Tabla 433 - 8. Valores promedio de la profundidad de textura mínimos admisibles para las lechadas asfálticas

CARACTERÍSTICA	TIPO DE LECHADA			
	LA-13	LA-10	LA-5	LA-3
Profundidad de textura, mínimo (mm)	1.1	0.9	0.7	0.5

433.5.2.5.3 Resistencia al deslizamiento

Por cada lote se deberán efectuar, como mínimo, tres (3) ensayos de resistencia al deslizamiento de conformidad con la norma de ensayo INV E-792. Tales ensayos se deberán realizar una vez transcurridos treinta (30) días desde la aplicación de la lechada.

Los valores promedio de la resistencia al deslizamiento con el péndulo británico no podrán ser menores que los mínimos admisibles relacionados en la Tabla 433 - 9. Ningún valor individual del coeficiente de resistencia al deslizamiento podrá ser inferior al valor indicado en dicha tabla en más de diez centésimas (0.10) ni ser inferior a 0.45.

El incumplimiento de este requisito implicará el rechazo del lote representado por los ensayos. En tal caso, la lechada deberá ser levantada mediante fresado y repuesta con una adecuada, por cuenta del Constructor, a plena satisfacción del Interventor y sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías. Si durante el proceso de remoción de la lechada se causa algún deterioro a la capa subyacente, ésta deberá ser reparada a satisfacción del Interventor,

sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, antes de reponer la lechada. El material fresado será de propiedad del Constructor.

Tabla 433 - 9. Resistencia al deslizamiento con el péndulo británico para las lechadas asfálticas

CARACTERÍSTICA	TIPO DE LECHADA			
	LA-13	LA-10	LA-5	LA-3
Promedio del coeficiente de resistencia, mínimo:				
- Glorietas; curvas con radios menores de 200 metros; pendientes $\geq 5\%$ en longitudes de 100 metros o más; intersecciones; zonas de frenado frecuente:				
- NT1	0.55		0.50	0.50
- NT2	0.60		0.60	0.55
- NT3	0.60		0.60	0.60
- Otras secciones				
- NT1	0.50		0.45	0.45
- NT2	0.60		0.55	0.50
- NT3	0.60		0.55	0.55

433.5.2.5.4 Regularidad superficial

Debido a sus características y limitado espesor, las lechadas asfálticas no pueden corregir defectos asociados con la falta de regularidad del perfil longitudinal de la calzada. Por tal razón, no se permitirá la colocación de la lechada, mientras no se garantice que la superficie de la capa sobre la cual se va a construir cumpla los requisitos que se exigen sobre IRI en la especificación general o particular referente a dicha capa.

433.5.2.6 Modificación eventual de la extensión del lote

Si el Interventor considera que las deficiencias de calidad del producto terminado no son generalizadas en toda el área considerada como lote en el numeral 433.5.2.4.1, sino que se restringen a la superficie tratada por una sola carga del

equipo empleado en la aplicación de la lechada, podrá modificar la extensión del “lote”, limitándola al tramo construido con dicha carga.

433.6 MEDIDA

Rige lo pertinente del numeral 400.6 del Artículo 400 y, en particular, lo indicado en el numeral 400.6.1.

433.7 FORMA DE PAGO

Rige lo pertinente del numeral 400.7 del Artículo 400 y, en particular, lo indicado en el numeral 400.7.2.

433.8 ÍTEM DE PAGO

433.1	Lechada asfáltica con emulsión CRL-1h, tipo LA-13	Metro cuadrado (m2)
433.2	Lechada asfáltica con emulsión CRL-1h, tipo LA-10	Metro cuadrado (m2)
433.3	Lechada asfáltica con emulsión CRL-1h, tipo LA-5	Metro cuadrado (m2)
433.4	Lechada asfáltica con emulsión CRL-1h, tipo LA-3	Metro cuadrado (m2)
433.5	Lechada asfáltica con emulsión CRL-1hm, tipo LA-13	Metro cuadrado (m2)
433.6	Lechada asfáltica con emulsión CRL-1hm, tipo LA-10	Metro cuadrado (m2)
433.7	Lechada asfáltica con emulsión CRL-1hm, tipo LA-5	Metro cuadrado (m2)
433.8	Lechada asfáltica con emulsión CRL-1hm, tipo LA-3	Metro cuadrado (m2)

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

MEZCLA Densa EN FRÍO

ARTÍCULO 440 – 13

440.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la elaboración, transporte, colocación y compactación de una mezcla asfáltica densa, preparada en frío, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos o determinados por el Interventor.

La Tabla 440 - 1 presenta la denominación de las capas asfálticas en función de su posición dentro de la estructura del pavimento. Los documentos del proyecto establecerán los tipos y calidades de las capas asfálticas que componen la estructura.

Tabla 440 - 1. Denominación de las capas asfálticas de mezclas asfálticas densas en frío

TIPO	DESCRIPCIÓN
Rodadura	Capa superior
Intermedia	Capa subyacente a la rodadura, en estructuras con 2 o más capas asfálticas
Base	Capa o capas subyacentes a la intermedia, en estructuras con 3 o más capas asfálticas

440.2 MATERIALES

440.2.1 Agregados pétreos y llenante mineral

440.2.1.1 Requisitos generales

Los agregados pétreos y el llenante mineral deberán satisfacer los requisitos generales del Artículo 400, numeral 400.2.1. Además, deberán cumplir con los requisitos específicos de la Tabla 440 - 2.

Tabla 440 - 2. Requisitos de los agregados para mezclas asfálticas densas en frío

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO		
		NT-1	NT-2	NT-3
Dureza, agregado grueso (O)				
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%) - Capa de: rodadura / intermedia / base	E-218	25 / 35/-	25 / 35 / 35	25 / 35 / 35
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%) - Capa de: rodadura / intermedia / base	E-238	-	25 / 30 / 30	20 / 25 / 25
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos, capa de: rodadura / intermedia / base - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínimo (%)	E-224	-	-	110/90/75 / 75/75/75
Coefficiente de pulimiento acelerado para rodadura, mínimo	E-232	0.45	0.45	0.45
Durabilidad (O)				
- Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, agregados fino y grueso, máximo (%)	E-220	18	18	18
Limpieza, agregado grueso (F)				
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	E-237	0.5	0.5	0.5
Limpieza, gradación combinada (F)				
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	NP	NP	NP
Equivalente de arena, mínimo (%) (Nota 1)	E-133	50	50	50
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 1)	E-235	10	10	10
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)				
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%)	E-240	10	10	10
Caras fracturadas, mínimo (%) - Una cara: rodadura / intermedia / base - Dos caras: rodadura / intermedia / base	E-227	75 / 60 / - / - / -	75/75 / 60 / 60 / - / -	85 / 75 / 60 / 70 / - / -
Geometría de las partículas, agregado fino (F)				
Angularidad de la fracción fina, método A, mínimo (%) - Capa de: rodadura / intermedia / base	E-239	40 / 35 / -	45/40 / 35	45/40/35
Adhesividad (O)				
- Agregado grueso: Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo (%) - Agregado fino: adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método Riedel-Weber), índice mínimo	E-757 E-774	Reportar 4		

Nota 1: El equivalente de arena será el del agregado finalmente obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones (incluido el llenante mineral), según las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo. En caso de que no se cumpla el valor mínimo señalado en la tabla, el agregado se aceptará si su equivalente de arena es superior a 40 % y, simultáneamente, el valor de azul de metileno, determinado mediante la norma de ensayo INV E- 235, es inferior a diez (10).

440.2.1.2 Agregado grueso

El agregado grueso deberá proceder de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables.

Estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan impedir la adhesión completa del asfalto.

440.2.1.3 Agregado fino

El agregado fino deberá proceder en su totalidad de la trituración de piedra de cantera o de grava natural, o parcialmente de fuentes naturales de arena. La proporción de arena natural no podrá exceder los valores indicados en la Tabla 440 - 3.

Tabla 440 - 3. Proporción de arena natural en el agregado para mezclas asfálticas densas en frío

CARACTERÍSTICA	NT1	NT2	NT3
Proporción de arena natural: % de la masa total del agregado combinado	≤ 25	≤ 25	≤ 15
Proporción de arena natural: % de la masa total del agregado fino	≤ 50		

440.2.1.4 Llenante mineral

El llenante mineral podrá provenir de los procesos de trituración de los agregados pétreos o podrá ser de aporte como producto comercial, generalmente cal hidratada o cemento hidráulico. Deberá cumplir con los requisitos mencionados en la Tabla 440 - 4.

Tabla 440 - 4. Requisitos del llenante mineral

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NT1	NT2	NT3
Granulometría del llenante mineral de aporte: - % que pasa tamiz 0.425 mm (No. 40) - % que pasa tamiz 0.150 mm (No. 100) - % que pasa tamiz 0.075 mm (No. 200)	E -215		100 > 90 > 75	
Densidad bulk (g/cm ³)	E-225		0.5 a 0.8	
Vacíos del llenante seco compactado (%)	E-229	-	≥ 38	

La proporción de llenante mineral de aporte se fijará en las especificaciones particulares del proyecto.

440.2.1.5 Granulometría

La granulometría del agregado obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones, incluido el llenante mineral, deberá estar comprendida dentro de alguna de las franjas fijadas en la Tabla 440 - 5. El análisis granulométrico se deberá efectuar de acuerdo con la norma de ensayo INV E-213.

Tabla 440 - 5. Franjas granulométricas para mezclas asfálticas densas en frío

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
	37.5	25.0	19.0	12.5	9.5	4.75	2.36	0.300	0.075
	1 ½"	1"	¾"	½"	⅜"	No. 4	No. 8	No. 50	No. 200
	% PASA								
MDF-38	100	80-95	-	62-77	-	45-60	35-50	13-23	3-8
MDF-25	-	100	80-95	-	60-75	47-62	35-50	13-23	3-8
MDF-19	-	-	100	80-95	-	50-65	35-50	13-23	3-8
TOLERANCIAS EN PRODUCCIÓN SOBRE LA FÓRMULA DE TRABAJO (±)	4 %						3 %		1 %

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el Constructor

deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme, sensiblemente paralela a los límites de la franja por utilizar, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior del tamiz adyacente y viceversa.

El tipo de gradación por emplear dependerá del tipo y del espesor que vaya a tener la capa compactada y se definirá en los documentos del proyecto, siguiendo los criterios de la Tabla 440 - 6.

Tabla 440 - 6. Tipo de gradación por utilizar en función del tipo y espesor compacto de la capa

TIPO DE CAPA	ESPESOR COMPACTO (mm)	TIPO DE MEZCLA
Rodadura	50-75	MDF-25
	40-50	MDF-19
Intermedia	≥ 50	MDF-25
Base	≥ 75	MDF-38

En el caso de bacheos, el tipo de gradación por emplear dependerá de las características de las capas existentes y se definirá en los documentos del proyecto.

440.2.2 Material bituminoso

Será una emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta, de los tipos CRL-1 o CRL-1h, que cumpla los requisitos de calidad establecidos en el Artículo 411 y que sea compatible con los agregados pétreos por emplear.

440.2.3 Agua

El agua por emplear en la elaboración de mezclas densas en frío deberá ser limpia y libre de materia orgánica y otras sustancias perjudiciales. Puede ser agua potable; si no lo es, deberá cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 440 - 7.

Tabla 440 - 7. Requisitos del agua no potable para la construcción mezclas densas en frío

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO ASTM	REQUISITO
pH	D 1293	5.5 - 8.0

Contenido de sulfatos, expresado como $\text{SO}_4^{=}$, g/l máximo	D 516	1.0
--	-------	-----

440.2.4 Aditivos mejoradores de adherencia entre los agregados y el asfalto

Cuando se requieran, se deberán ajustar a lo descrito en el Artículo 412 de las presentes especificaciones. La dosificación y la dispersión homogénea del aditivo deberán tener la aprobación del Interventor.

440.3 EQUIPO

Los principales elementos requeridos para la ejecución de los trabajos, son los siguientes:

- Equipo para la elaboración de agregados triturados;
- Planta mezcladora fija o móvil;
- Equipo para el transporte de agregados y mezclas;
- Equipo para transferencia de la mezcla (Shuttle buggy), opcional;
- Pavimentadora autopropulsada para la extensión de la mezcla;
- Equipo de compactación;
- Equipo accesorio.

En relación con el equipo, rige lo que resulte aplicable de lo indicado en el numeral 400.3 del Artículo 400. A continuación se mencionan algunos aspectos adicionales:

440.3.1 Equipo de compactación

Se deberán utilizar compactadores autopropulsados de rodillos metálicos, estáticos o vibratorios, triciclos o tándem y de neumáticos. El equipo de compactación será aprobado por el Interventor, a la vista de los resultados obtenidos en la fase de experimentación.

440.3.2 Equipo accesorio

En caso de que la mezcla se elabore en plantas ambulantes, se deberá disponer de vehículos adecuados para el suministro permanente de agregados, agua y emulsión a las plantas.

440.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**440.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados**

Rige lo establecido en el Artículo 105, “Desarrollo y control de los trabajos”, numeral 105.13.3.

440.4.2 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo**440.4.2.1 Generalidades**

Rige todo lo que resulte aplicable en el numeral 400.4.2 del Artículo 400.

440.4.2.2 Diseño de la mezcla

Las mezclas asfálticas densas en frío se diseñarán por resistencia a la compresión, siguiendo los pasos descritos en la Tabla 440 - 8.

Tabla 440 - 8. Pasos para el diseño de las mezclas asfálticas densas en frío

PASOS	DESCRIPCIÓN	NUMERAL
Diseño preliminar	<ul style="list-style-type: none"> - Contenido de agua de preenvuelta - Contenido de ligante - Humedad de compactación 	440.1.2.2.1
Diseño por resistencia	<ul style="list-style-type: none"> - Prueba de inmersión-compresión 	440.1.2.2.2
Verificación del diseño por resistencia (capas de rodadura con tránsito NT-3)	<ul style="list-style-type: none"> - Ahuellamiento 	440.1.2.2.3

440.4.2.2.1 Diseño preliminar

Los contenidos de agua de preenvuelta y de ligante se deberán fijar en función de los materiales por emplear, basándose principalmente en la experiencia obtenida en casos análogos. Adicionalmente, se deberán hacer las determinaciones indicadas en la Tabla 440 - 9.

Tabla 440 - 9. Determinaciones para el diseño preliminar de mezclas asfálticas densas en frío

PARÁMETRO	NORMA DE ENSAYO INV	COMENTARIOS
Humedad de compactación	E-142	Se determina la humedad óptima
Contenido óptimo teórico de ligante, utilizando métodos basados en la superficie específica de los agregados	E-741	Con la norma se determina la superficie específica del agregado y se aplica una constante de riqueza apropiada

440.4.2.2.2 Diseño por resistencia

Se elaborarán mezclas con diferentes contenidos de ligante por encima y por debajo del óptimo teórico (al menos 4 contenidos de ligante), para someterlas al ensayo de inmersión-compresión. El contenido óptimo de ligante se determinará aplicando los criterios mencionados en la Tabla 440 - 10.

Tabla 440 - 10. Criterios de resistencia para la determinación del contenido óptimo de ligante

PARÁMETRO	NORMA DE ENSAYO INV	VALOR
Resistencia seca R_s , mínimo (MPa)	E-622	2.5
Resistencia húmeda R_h , mínimo (MPa)		2.0
Resistencia conservada $R_c = R_h/R_s$, mínimo (%)		75

440.4.2.2.3 Verificación del diseño por resistencia (capas de rodadura en carreteras con tránsito de diseño NT-3)

Para capas de rodadura en vías con tránsito de diseño NT3, la mezcla definida como óptima al efectuar el diseño por el método de inmersión-ompresión deberá ser verificada con la medida de su resistencia a la deformación plástica, mediante la pista de ensayo de laboratorio, según la norma de ensayo INV E-756, modificada de manera que se permita el curado de la mezcla compactada antes de proceder al ensayo. Deberá cumplir con los criterios que se presentan en la Tabla 440 - 11.

Tabla 440 - 11. Criterios de resistencia a la deformación plástica para capas de rodadura en carreteras con tránsito NT-3

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO INV	VALOR
Velocidad máxima de deformación en el intervalo de 105 a 120 minutos, $\mu\text{m}/\text{min}$.	E-756	
<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura media anual $> 24^{\circ}\text{C}$ - Temperatura media anual $\leq 24^{\circ}\text{C}$ 		15 20

Si este requisito no se cumple, se deberán efectuar los ajustes necesarios en el diseño de la mezcla.

440.4.2.2.4 Ajuste de la fórmula de trabajo

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se podrá ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varían la procedencia o las características de alguno de los componentes de la mezcla o se rebasan las tolerancias granulométricas establecidas en este Artículo, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

440.4.3 Preparación de la superficie existente

La mezcla densa en frío no se extenderá hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias admitidas en la especificación respectiva, deberán ser corregidas de acuerdo con lo establecido en ella.

Si la extensión de la mezcla requiere riegos previos de imprimación o de liga, ellos se realizarán conforme lo establecen los Artículos correspondientes de estas especificaciones.

Antes de aplicar la mezcla, se verificará que haya ocurrido el curado del riego previo, no debiendo quedar restos de fluidificante en la superficie. Si hubiera transcurrido mucho tiempo desde la aplicación del riego, se comprobará que su capacidad de liga con la mezcla no se haya mermado en forma perjudicial; si ello ha sucedido, el Constructor deberá efectuar un riego adicional de adherencia, en la cuantía que fije el Interventor. Si la pérdida de efectividad del riego anterior es imputable al Constructor, el nuevo riego deberá realizarlo a su costa.

Las excavaciones para bacheo, así como las operaciones de relleno con los materiales adecuados para restablecer el nivel actual, se ejecutarán de acuerdo con las indicaciones del Artículo 465 para la excavación y de los Artículos que correspondan a los materiales empleados en el relleno de la misma.

Si la superficie sobre la cual se va a colocar la mezcla corresponde a un pavimento asfáltico antiguo que, de acuerdo con los estudios del proyecto o el criterio del Interventor, requiere un fresado previo, éste se realizará conforme se establece en el Artículo 460.

440.4.4 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 400.4.3 del Artículo 400.

440.4.5 Aprovisionamiento de los agregados

Cuando la mezcla se elabore en instalaciones fijas, los agregados se suministrarán fraccionados. El número de fracciones deberá ser tal que sea posible, con la instalación que se utilice, cumplir las tolerancias aceptadas en la granulometría de la mezcla. Cada fracción será

suficientemente homogénea y se deberá poder acopiar y manejar sin peligro de segregación, observando las precauciones que se detallan a continuación.

Cada fracción del agregado se acopiará separada de las demás para evitar intercontaminaciones. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se utilizarán los quince centímetros (15 cm) inferiores de ellos. Los acopios se construirán por capas de espesor no superior a un metro y medio (1.5 m), y no por montones cónicos. Las cargas del material se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

Cuando se detecten anomalías en el suministro, los agregados se acopiarán por separado, hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se aplicará cuando se autorice el cambio de procedencia de un agregado.

La carga de las tolvas se realizará de forma que éstas contengan entre cincuenta por ciento (50 %) y cien por ciento (100 %) de su capacidad, sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones. La alimentación del agregado fino se realizará en dos (2) tolvas, así éste sea de un tipo único.

440.4.6 Fabricación de la mezcla asfáltica

Las aberturas de salida de las tolvas se regularán de forma que la mezcla de todos los agregados se ajuste a la fórmula de obra de alimentación en frío.

Los agregados preparados como se ha indicado anteriormente, se pesarán o medirán exactamente; y se transportarán al mezclador en las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo.

Si la instalación de fabricación de la mezcla es de tipo continuo, una vez que los agregados se encuentren en el mezclador, se introducirá el agua de preenvuelta necesaria de acuerdo con la humedad de aquellos y, más adelante, la cantidad de emulsión requerida, a la temperatura apropiada, manteniendo la compuerta de salida a la altura que proporcione el tiempo teórico de mezcla especificado.

La tolva de descarga se abrirá intermitentemente para evitar segregaciones en la caída de la mezcla al camión.

Si la instalación es de tipo discontinuo, después de haber introducido los agregados en el mezclador, se añadirá el agua necesaria de preenvuelta de acuerdo con la humedad de aquellos y, tras un lapso que permita el humedecimiento homogéneo de los agregados, se añadirá automáticamente el material bituminoso calculado para cada bachada, el cual se deberá encontrar a la temperatura adecuada y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

En los mezcladores de ejes gemelos, el volumen total de los agregados, agua y asfalto no será tan grande que sobrepase los extremos de las paletas, cuando éstas se encuentren en posición vertical.

Según el tipo de instalación, la mezcla puede caer directamente a la volqueta, a una banda transportadora, a un silo desde donde se vierte a la volqueta o directamente a una pila de almacenamiento. En el caso de que se emplee una banda, se deberá regular su velocidad, verificar el buen funcionamiento del raspador y lubricarla con una pequeña cantidad de agua, con el fin de evitar segregaciones de la mezcla.

Cuando la mezcla se elabore en plantas ambulantes, la dosificación de los agregados se deberá efectuar en una instalación ubicada fuera de la obra, donde las volquetas serán cargadas y transportarán la mezcla de agregados a la tolva receptora de la planta ambulante, la cual estará provista de dispositivos dosificadores similares a los de las plantas continuas, los cuales deberán ser sincronizados para obtener las proporciones deseadas de agregados, agua y emulsión. Los ingredientes serán conducidos a una mezcladora continua que verterá la mezcla en la carretera. La distribución de la mezcla se hará por medio de dos tornillos sin fin delante de una viga maestra niveladora, que extiende y perfila la capa.

En todos los casos en que se empleen aditivos, éstos se unirán a los agregados antes de su mezcla con la emulsión asfáltica.

En caso de que se utilicen métodos de fabricación especiales, el Interventor deberá aprobar previamente los procedimientos de elaboración.

440.4.7 Transporte de la mezcla

La mezcla se transportará a la obra en volquetas, hasta una hora del día en que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar correctamente con la luz solar. El trabajo en horas de la noche sólo se permitirá bajo las condiciones mencionadas en el 440.4.15.

Durante el transporte de la mezcla se deberán tomar las precauciones necesarias para reducir al mínimo las pérdidas de humedad, así como para prevenir la segregación de la mezcla.

Antes de abordar cualquier vía pavimentada, se deberán limpiar perfectamente las llantas de los vehículos destinados al transporte de la mezcla. Los vehículos de transporte de mezcla deberán mantener al día los permisos de tránsito y ambientales requeridos y sus cargas por eje y totales deberán encontrarse dentro de los límites fijados por la resolución vigente del Ministerio de Transporte.

440.4.8 Transferencia de la mezcla

Si el Constructor dispone de una máquina para la transferencia de la mezcla asfáltica (shuttle buggy), la volqueta descargará la mezcla en la tolva de almacenamiento de la máquina, cuyas bandas transportadoras se encargarán de alimentar la pavimentadora, sin que ésta sea tocada por las llantas de la volqueta, favoreciendo de esta manera la regularidad superficial.

440.4.9 Extensión de la mezcla

La mezcla densa en frío se extenderá con la máquina pavimentadora, de modo que se cumpla con los alineamientos, anchos y espesores señalados en los planos o determinados por el Interventor.

A menos que se ordene otra cosa, la extensión comenzará a partir del borde de la calzada en las zonas por pavimentar con sección bombeada, o en el lado inferior de las secciones peraltadas. La mezcla se colocará en franjas del ancho apropiado para realizar el menor número de juntas longitudinales y para conseguir la mayor continuidad en la operación de extendido, teniendo en cuenta el ancho y las pendientes de la sección, las necesidades del tránsito, las características de la pavimentadora y la producción de la planta.

La colocación de la mezcla se realizará con la mayor continuidad posible, verificando que la pavimentadora deje la superficie a las cotas previstas, con el fin de no tener que corregir la capa extendida. Por ningún motivo se permitirá el empleo de máquinas pavimentadoras que dejen marcas o depresiones en la superficie u otros defectos permanentes en ella.

Tampoco se permitirá la segregación de materiales. Si ocurre, la extensión de la mezcla deberá ser suspendida inmediatamente hasta que su causa sea determinada y corregida. Toda área segregada que no sea corregida antes de la compactación, deberá ser removida y reemplazada con material apropiado, a expensas del Constructor.

Tras la pavimentadora se deberá disponer un número suficiente de obreros especializados, agregando mezcla y enrasándola, según se precise, con el fin de obtener una capa que, una vez compactada, se ajuste enteramente a las condiciones indicadas en esta especificación.

En el caso de que la mezcla se elabore y extienda con la planta ambulante, serán igualmente aplicables todas estas instrucciones.

En los sitios en los que a juicio del Interventor no resulte posible el empleo de máquinas pavimentadoras o plantas ambulantes, en especial en trabajos de bacheo, la mezcla se podrá extender a mano. La mezcla se descargará fuera de la zona que se vaya a pavimentar, y se distribuirá en los lugares correspondientes por medio de palas y rastrillos, en una capa uniforme y de espesor tal que, una vez compactada, se ajuste a los planos o a las instrucciones del Interventor, dentro de las tolerancias establecidas en la presente especificación.

440.4.10 Compactación de la mezcla

La compactación de la mezcla se realizará de acuerdo con el plan propuesto por el Constructor y aprobado por el Interventor durante la fase de experimentación.

La compactación deberá empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas en donde el cilindro avanzará del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma aceptada por el Interventor, hasta que la superficie total haya sido compactada. Los rodillos deberán llevar su llanta motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos

que autorice el Interventor, y sus cambios de dirección se harán sobre la mezcla ya compactada.

La compactación se deberá realizar de manera continua durante la jornada de trabajo y se complementará con el trabajo manual necesario para la corrección de todas las irregularidades que se puedan presentar. Se cuidará que los elementos de compactación estén siempre limpios y, si es preciso, húmedos.

En los lugares inaccesibles a los equipos normales de compactación, el proceso se efectuará mediante máquinas de tamaño y diseño adecuado para la labor por realizar.

Cuando la mezcla tenga por objeto servir como capa de rodadura, la textura del pavimento terminado deberá ser uniforme y permitir una adecuada adherencia con las llantas de los vehículos en condición de superficie húmeda.

440.4.11 Juntas de trabajo

Las juntas presentarán la misma textura, densidad y acabado que el resto de la capa compactada.

Las juntas entre pavimentos nuevos y viejos, o entre trabajos realizados en días sucesivos, se deberán cuidar, con el fin de asegurar su perfecta adherencia. A todas las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad, se les aplicará una capa uniforme y ligera de riego de liga antes de colocar la mezcla nueva, dejándola curar suficientemente.

El borde de la capa extendida con anterioridad se cortará verticalmente con el fin de dejar al descubierto una superficie plana y vertical en todo su espesor, que se pintará como se ha indicado en el párrafo anterior. La nueva mezcla se extenderá contra la junta y se compactará y alisará con elementos adecuados, antes de permitir el paso sobre ella del equipo de compactación.

Las juntas transversales en la capa de rodadura se compactarán transversalmente.

Cuando los bordes de las juntas longitudinales sean irregulares, presenten huecos o estén deficientemente compactados, se deberán cortar para dejar al descubierto una superficie lisa vertical en todo el espesor de la

capa. Donde el Interventor lo considere necesario, se añadirá mezcla que, después de colocada y compactada con pisones, se compactará mecánicamente.

Se procurará que las juntas de capas superpuestas guarden una separación mínima de cinco metros (5 m) en el caso de las transversales y de ciento cincuenta milímetros (150 mm) en el caso de las longitudinales.

440.4.12 Pavimento sobre puentes y viaductos

Las losas de los puentes y viaductos se pavimentarán con mezcla densa en frío de la calidad exigida para la capa de rodadura, previa la aplicación del riego de liga mencionado en el numeral 440.4.3, "Preparación de la superficie existente".

Durante la ejecución del riego y de la pavimentación, el Constructor deberá proteger con lonas, papel o similares, todas aquellas partes de los puentes y viaductos que puedan ser afectadas por el ligante bituminoso. El Constructor será responsable por todo daño que causen las operaciones de sus equipos y, en consecuencia, todos los trabajos de reparación y limpieza correrán de su cuenta.

440.4.13 Bacheos

Al rellenar toda excavación para reparación del pavimento existente cuya profundidad haya sido superior a ciento cincuenta milímetros (150 mm), los últimos setenta y cinco milímetros (75 mm) hasta alcanzar el nivel de la rasante existente se deberán rellenar con mezcla asfáltica, la cual se deberá compactar con el equipo adecuado hasta alcanzar la densidad especificada. El resto de la excavación se rellenará como se establece en los numerales correspondientes a bacheo de sub-base y base granulares en los Artículos 320 y 330, respectivamente.

Cuando la excavación sea de profundidad menor o igual a ciento cincuenta milímetros (150 mm), se rellenará en su totalidad con mezcla asfáltica en capas de espesor compactado comprendido entre cincuenta y setenta y cinco milímetros (50-75 mm), hasta alcanzar la rasante existente.

Estos espesores podrán variar si así lo establecen los documentos del proyecto o lo autoriza el Interventor, en particular cuando se trate de

labores de conservación y rehabilitación de pavimentos asfálticos antiguos con estructuras complejas.

Tanto la superficie que recibirá las capas asfálticas como las paredes de la excavación en contacto con ellas, deberán ser pintadas con un riego de liga, conforme a las instrucciones del Interventor.

440.4.14 Apertura al tránsito

No se permitirá el tránsito público hasta que la mezcla compactada pueda soportar el paso de los vehículos sin que se produzcan desplazamientos. Durante las primeras cuarenta y ocho horas (48 h) a partir de la apertura, se deberá limitar la velocidad a veinte kilómetros por hora (20 km/h) para impedir que sobre la capa se produzcan aceleraciones, frenadas o giros bruscos.

440.4.15 Limitaciones en la ejecución

No se permitirán la extensión y la compactación de mezclas densas en frío cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie del pavimento sean inferiores a cinco grados Celsius (5° C) o haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra. En caso de que la mezcla sin compactar o compactada sea afectada por el agua lluvia y como resultado de ello se lave la emulsión, el Constructor deberá, a su costa, retirar la mezcla afectada y reconstruir el sector afectado, a satisfacción del Interventor.

Los trabajos de construcción de la mezcla asfáltica densa en frío se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

440.4.16 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

440.4.17 Reparaciones

Todos los defectos no advertidos durante la colocación y compactación, tales como protuberancias, juntas irregulares, depresiones, irregularidades de alineamiento y de nivel, deberán ser corregidos por el Constructor, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del Interventor. El Constructor deberá proporcionar trabajadores competentes, capaces de ejecutar a satisfacción el trabajo eventual de correcciones en todas las irregularidades del pavimento construido.

440.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

440.5.1 Controles

Rige lo que resulte aplicable del numeral 400.5.1 del Artículo 400.

440.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**440.5.2.1 Calidad de la emulsión**

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para la emulsión asfáltica serán los establecidos en el Artículo 411.

440.5.2.2 Calidad del agua

Siempre que el Interventor tenga alguna sospecha sobre la calidad del agua empleada en la mezcla, verificará su pH y su contenido de sulfatos, cuyos valores deberán satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 440.2.3, para permitir su empleo.

Si alguna mezcla ha sido elaborada con un agua calificada de inapropiada, se pondrá en observación hasta el recibo definitivo de los trabajos y, en caso de que presente deterioros, se deberá remover y reconstruir por cuenta exclusiva del Constructor y a satisfacción del Interventor. La mezcla removida será de propiedad del Constructor.

440.5.2.3 Calidad de los agregados pétreos y del llenante mineral**440.5.2.3.1 Aprobación inicial**

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deberán realizar los ensayos que se encuentran indicados en la Tabla 440 - 2.

Así mismo, para cada procedencia del llenante mineral y para cualquier volumen previsto, se tomarán dos (2) muestras y sobre ellas se determinará la densidad bulk, según la norma INV E-225.

Los resultados de estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 440.2.1, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

440.5.2.3.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, el Interventor examinará las descargas a los acopios y ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, ordenará acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas, y plasticidad, y vigilará la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, efectuará las verificaciones de calidad indicadas en la Tabla 440 - 12 para los agregados grueso y fino y 440.13 para el llenante mineral, si éste se incorpora de manera independiente.

Tabla 440 - 12. Ensayos de verificación sobre los agregados para mezclas asfálticas densas en frío

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos	E-224	1 por mes
Coeficiente de pulimiento acelerado para rodadura	E-232	Cuando cambie la procedencia de los agregados
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza, agregado grueso (F)		
Impurezas en agregado grueso	E-237	1 por semana
Limpieza, gradación combinada (F)		
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana
Valor de azul de metileno (Nota 1)	E-235	1 por semana
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)		
Partículas planas y alargadas, relación 5:1	E-240	1 por semana
Caras fracturadas	E-227	1 por jornada
Geometría de las partículas, agregado fino (F)		
Angularidad de la fracción fina, método A	E-239	1 por jornada
Gravedad específica		
Gravedad específica y absorción	E-222 y E-223	1 por mes

Nota 1: En caso de que se requiera, según la nota 1 de la Tabla 440 - 2.

Tabla 440 - 13. Ensayos de verificación sobre el llenante mineral de aporte para mezclas asfálticas densas en frío

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Granulometría	E-123	1 por suministro
Densidad bulk	E-225	1 vez a la semana y siempre que cambie la procedencia del llenante

El Interventor podrá autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en las Tablas 440 - 12 y 440 - 13, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En ningún caso se permitirá el empleo de agregados minerales que no satisfagan los requisitos del numeral 440.2.1. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado insatisfactorio, se tomarán dos muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos de comprobación deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

440.5.2.4 Composición de la mezcla

A la salida del mezclador o del silo de almacenamiento, sobre cada vehículo de transporte, se controlará el aspecto de la mezcla. Se rechazarán todas las mezclas segregadas, así como aquellas cuya envuelta no sea homogénea.

Cuantitativamente, se realizarán los siguientes controles:

440.5.2.4.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 440.5.2.6.1, se determinará el contenido de asfalto residual (norma de ensayo INV E-732).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART%) tendrá una tolerancia de tres por mil (0.3 %), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (ARF%).

$$ARF\% - 0.3\% \leq ART\% \leq ARF\% + 0.3\% \quad [440.1]$$

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI %), no podrá diferir del valor promedio (ART %) en más de medio por ciento (0.5 %), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$\text{ART}\% - 0.5\% \leq \text{ARI}\% \leq \text{ART}\% + 0.5\%$$

[440.2]

Un porcentaje de asfalto residual promedio (ART %) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso del ligante, el Constructor demuestre que no habrá problemas de comportamiento de la mezcla, ni de inseguridad para los usuarios.

En caso de rechazo, la capa de mezcla densa en frío correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

440.5.2.4.2 Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados según la norma de ensayo INV E-782. La curva granulométrica de cada ensayo individual deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la Tabla 440 - 5, pero sin permitir que la curva se salga de la franja.

En caso de que los valores obtenidos excedan las tolerancias, pero no salgan de la franja, el Constructor deberá preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje medio de asfalto de la mezcla elaborada con este agregado. Ella se someterá a todas las pruebas de valoración descritas en el numeral 440.4.2 de esta especificación. Si los requisitos allí indicados no se cumplen en su totalidad, se rechazará el lote.

En caso de rechazo, la capa de mezcla densa en frío correspondiente al lote controlado deberá ser

levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

440.5.2.5 Calidad de la mezcla

440.5.2.5.1 Resistencia

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada, se moldearán probetas (tres por muestra) para verificar en el laboratorio su resistencia en el ensayo de inmersión-compresión (norma de ensayo INV E-622). Tres de las probetas se curarán en seco y tres bajo condición húmeda.

Tanto la resistencia media tras curado seco como tras curado húmedo de las probetas elaboradas, (R_m), deberán superar o al menos igualar al noventa por ciento (90 %) de la respectiva resistencia de la mezcla definitiva de trabajo (R_t):

$$R_m \geq 0.90 R_t \quad [440.3]$$

Además, la resistencia de cada probeta (R_i) deberá ser igual o superior al ochenta por ciento (80 %) del valor medio de su respectivo grupo, admitiéndose sólo un valor individual por debajo de ese límite:

$$R_i \geq 0.80 R_m \quad [440.4]$$

A su vez, la resistencia conservada promedio (R_{cm}) deberá ser, como mínimo, el setenta y cinco por ciento (75 %), sin que al respecto se acepte ninguna tolerancia.

$$R_{cm} \geq 75 \% \quad [440.5]$$

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se rechazará el lote representado por estas muestras. En este caso, la capa de mezcla densa en frío correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

El incumplimiento de este requisito en dos (2) lotes consecutivos, implicará la suspensión de los trabajos hasta que se estudie y apruebe una nueva fórmula de trabajo que garantice el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en el numeral 440.4.2.

440.5.2.6 Calidad del producto terminado

440.5.2.6.1 Tamaño del lote

Se considerará como “lote” que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios, para una sola capa de mezcla asfáltica en densa en frío:

- Quinientos metros lineales (500 m) de mezcla colocada en todo el ancho de la calzada;
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de mezcla colocada;
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

Específicamente para la determinación del Índice Internacional de Rugosidad (IRI), la definición de “lote” será como se indica en el numeral 440.5.2.6.8.

440.5.2.6.2 Aspectos generales

La capa terminada de mezcla asfáltica deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se

esté construyendo, excluyendo sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Interventor.

La cota de cualquier punto de la mezcla asfáltica compactada en capas de base, no deberá variar en más de quince milímetros (15 mm) de la proyectada y la variación no podrá exceder de diez milímetros (10 mm) cuando se trate de capas intermedia y de rodadura.

Todas las áreas donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, así como aquellas en que se presente retención de agua en la superficie, deberán ser corregidas por el Constructor de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

440.5.2.6.3 Compactación

Los sitios para la determinación de la densidad de la capa compactada se elegirán al azar, según la norma de ensayo INV E-730 “Selección al azar de sitios para la toma de muestras”, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro. Se deberán efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de una capa mezcla densa en frío, se deberá calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y de los ensayos de densidad en el laboratorio, mediante la siguiente expresión:

$$GC_i = \frac{D_i}{D_e} \times 100 \quad [440.6]$$

Siendo:

GC_i : Valor individual del grado de compactación, en porcentaje;

D_i : Valor individual de la densidad en el terreno, determinado por alguno de los métodos descritos en las normas de ensayo INV E-733, E-734, E-746 o E-802;

D_e : Valor promedio de los valores de densidad de las seis (6) probetas por lote, elaboradas en el laboratorio, según la metodología de ensayo inmersión-compresión, como se indica en el numeral 440.5.2.5.1.

Sólo se aceptará la determinación de la densidad de la capa compactada por medio del densímetro nuclear (norma de ensayo INV E-746), si se garantiza, sin lugar a ninguna duda, que la medición del aparato abarca, única y exclusivamente, el espesor total de la capa que se está verificando.

Para el control de la compactación se aplicarán los siguientes criterios:

$GC_i(90) \geq 95.0 \%$	se acepta el lote	[440.7]
$GC_i(90) < 95.0 \%$	se rechaza el lote	[440.8]

Siendo:

$GC_i(90)$: Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90%, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del Artículo 107, "Control y aceptación de los trabajos", a partir de los valores individuales del grado de compactación GC_i .

Las comprobaciones de la compactación se realizarán en todo el espesor de la capa que se controla, cuando se haya cumplido sustancialmente el período de curado de la mezcla, conforme se haya determinado en la fase de experimentación. La toma de testigos se hará de acuerdo con lo que establece la norma de ensayo INV E-758.

En caso de rechazo, la capa de mezcla densa en frío correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

440.5.2.6.4 Espesor

Sobre la base del lote escogido para el control de la compactación y en los mismos puntos de verificación, se determinará el espesor promedio de la capa compactada (e_m), el cual no podrá ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad [440.9]$$

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño, admitiéndose un (1) solo valor por debajo de dicho límite, siempre que este último valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.90 e_d \quad [440.10]$$

Si alguno de estos requisitos se incumple, se procederá como se indica a continuación. Todas las labores de corrección las ejecutará el Constructor sin cargo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

440.5.2.6.4.1 Para capas de rodadura

El Constructor procederá a fresar y remover la capa y reponerla en el espesor adecuado o, alternativamente y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, a la colocación de una capa adicional del mismo tipo de mezcla de cincuenta milímetros (50 mm) de espesor compacto, cumpliendo todos los requisitos de calidad de esta especificación. El riego de liga que se deba colocar para adherir las capas deberá ejecutarlo, a su costa, en acuerdo con el Artículo 421.

Si la capa adicional no cumple alguno de los requisitos de este Artículo, deberá ser fresada y repuesta con una nueva de calidad satisfactoria.

440.5.2.6.4.2 Para capas intermedias y de base

El Constructor procederá a fresar y remover la capa y reponerla en el espesor adecuado salvo que, tratándose de una capa de base o intermedia sobre la cual se va a colocar otra capa de mezcla densa en frío, el Constructor se comprometa a compensar la deficiencia incrementando el espesor de la capa intermedia o de rodadura, respectivamente, sin que el exceso de espesor por colocar de esta última genere costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

440.5.2.6.5 Planicidad

La superficie acabada no podrá presentar zonas de acumulación de agua, ni irregularidades mayores de diez milímetros (10 mm) en capas de rodadura o quince milímetros (15 mm) en capas de base o intermedias y bacheos, cuando se compruebe con una regla de tres metros (3m) según la norma de

ensayo INV E-793; la regla se colocará tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja al azar el Interventor, los cuales no podrán estar afectados por cambios de pendiente. Las zonas que presenten deficiencias de este tipo deberán ser fresadas y repuestas por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, y a plena satisfacción del Interventor. El material fresado será de propiedad del Constructor.

440.5.2.6.6 Textura

Las medidas de textura se realizarán antes de la puesta en servicio de la capa de rodadura construida con mezcla densa en frío, empleando el método descrito en la norma de ensayo INV E-791.

El número mínimo de puntos a controlar por lote será de tres (3), que se ampliarán a cinco (5) si la textura obtenida en uno de los tres (3) primeros es inferior a la especificada. Dichos puntos se elegirán al azar, de acuerdo con la norma INV E-730.

La profundidad media de textura del lote no podrá ser menor al mínimo admisible que se defina en los documentos del proyecto, el cual no podrá ser inferior a 0.35. Ningún valor individual podrá ser inferior en más de veinte por ciento (20 %) al promedio mínimo exigido y no podrán existir áreas con evidencias indudables de segregación.

Si este requisito no se cumple, la capa de rodadura correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, quedando el material fresado de propiedad del Constructor. Alternativamente y a opción del Constructor, y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, éste podrá colocar una capa adicional de una mezcla del mismo tipo con el correspondiente riego de liga, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, del mismo

espesor compacto que la anterior, cumpliendo todos los requisitos de calidad de esta especificación.

440.5.2.6.7 Resistencia al deslizamiento

Una vez transcurridos, como mínimo, treinta (30) días de la puesta en servicio, se harán las determinaciones de la resistencia al deslizamiento sobre mezclas densas en frío construidas para servir como capas de rodadura.

Debido a que la resistencia al deslizamiento se encuentra relacionada directamente con la seguridad de los usuarios, los puntos para su determinación en cada lote no se elegirán al azar, sino que serán ubicados por el Interventor en los lugares que considere más sensibles al deslizamiento vehicular en condición de superficie húmeda.

Las medidas se realizarán con el péndulo británico, en acuerdo con la norma de ensayo INV E – 792, en tres (3) puntos por lote en zonas en tangente y en uno (1) por cada curva horizontal y por cada zona singular (glorieta, intersección, zona de frenado, etc.) incluida dentro del lote y ninguna de ellas podrá presentar un valor inferior al límite indicado en la Tabla 440 - 14, de acuerdo con el tránsito de diseño y el tipo de sección.

En caso de que se presenten valores menores, el Interventor realizará medidas adicionales para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual deberá ser corregida por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. Para ello, la capa de mezcla densa en frío correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor. Alternativamente y a opción del Constructor, y si no existen problemas de

gálibo o de sobrecargas estructurales, éste podrá colocar una capa adicional de una mezcla del mismo tipo, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de cincuenta milímetros (50 mm) de espesor compacto, cumpliendo todos los requisitos de calidad de esta especificación. El riego de liga que se deba colocar para adherir las capas será también de cuenta del Constructor, quien deberá ejecutarlo en acuerdo al Artículo 421.

La resistencia al deslizamiento se puede verificar también con dispositivos de rueda parcialmente bloqueada (norma de ensayo INV E-815). En tal caso, la especificación particular indicará el equipo autorizado, así como los valores mínimos por alcanzar, los cuales deberán ser, cuando menos, equivalentes a los señalados en la Tabla 440 - 14 para el péndulo británico.

Tabla 440 - 14. Valores mínimos admisibles del coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo británico

TIPO DE CAPA	COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO, MÍNIMO		
	NT1	NT2	NT3
Glorietas; curvas con radios menores de 200 metros; pendientes $\geq 5\%$ en longitudes de 100 metros o más; intersecciones; zonas de frenado frecuente.	0.50	0.55	0.60
Otras secciones	0.45	0.50	0.50

440.5.2.6.8 Regularidad superficial

El Índice Internacional de Rugosidad (IRI) se comprobará de manera continua en toda la longitud de la obra y en cada carril, antes del recibo definitivo de la misma. Para los efectos de aceptación del pavimento terminado, este Artículo establece que la determinación del IRI se deberá realizar,

únicamente, con procedimientos de medida de precisión o con equipos de referencia inercial.

Las medidas de precisión se podrán adelantar con mira y nivel, de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma INV E-794 o con un perfilómetro pivotante de alta precisión, norma INV E-814.

Si se opta por el equipo de referencia inercial, éste se deberá validar previamente con uno de precisión en un tramo de prueba de longitud no menor de doscientos metros (200 m). El equipo de referencia inercial se deberá operar de acuerdo con la norma ASTM E 950.

Para efectos de la evaluación con fines de recibo, las medidas se harán en cada uno de los carriles del pavimento construido y los valores del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) se presentarán en m/km, en tramos consecutivos de cien metros (100 m) por carril, con la excepción que se cita en el párrafo siguiente. Un conjunto de cinco (5) tramos constituirá un lote.

No habrá exigencia sobre el cumplimiento de regularidad superficial en tramos que incluyan singularidades, entendiendo por tales todas aquellas alteraciones del perfil longitudinal de la carretera que incrementen el IRI y no provengan de deficiencias constructivas, como pueden ser intersecciones con otras vías, puentes, pozos de inspección, reductores de velocidad, etc., los cuales serán definidos por el Interventor, con su ubicación respectiva (carril y abscisa), antes de proceder a la determinación del índice internacional de rugosidad (IRI).

Se entenderá que la superficie del pavimento tiene una regularidad superficial aceptable, si a lo largo de la longitud evaluada en cada carril se satisfacen los valores indicados en la Tabla 440 - 15.

Si la proporción de hectómetros donde los resultados de la regularidad superficial (IRI) exceden los límites especificados no es superior a veinte por ciento (20 %) del total del lote, el Interventor delimitará los sectores relevantes en el incumplimiento y ordenará su corrección mediante fresado y la colocación de una nueva capa de mezcla asfáltica. Los espesores por fresar y reponer en cada tramo serán establecidos por el Interventor y todos los costos que impliquen estas correcciones, deberán ser asumidos por el Constructor. El material fresado será de propiedad del Constructor.

Si la proporción de hectómetros donde los resultados de IRI exceden los límites especificados es mayor a veinte por ciento (20 %) del total del lote, toda la longitud de éste deberá ser fresada y repuesta en el mismo espesor. El fresado, traslado y disposición del material demolido y la reconstrucción de la capa, con la calidad exigida por el presente Artículo, serán de cargo del Constructor. El material demolido será de propiedad del Constructor. Éste, a su vez, no podrá invocar las reparaciones o reconstrucciones debidas a deficiencias en la regularidad superficial, como causal para incumplir el programa de trabajo.

Tabla 440 - 15. Valores máximos admisibles de IRI (m/km)

PORCENTAJE DE HECTÓMETROS	PAVIMENTOS DE CONSTRUCCIÓN NUEVA Y REHABILITADOS EN ESPESOR > 10 cm			PAVIMENTOS REHABILITADOS EN ESPESOR ≤ 10 cm		
	NT1	NT2	NT3	NT1	NT2	NT3
40	2.4	1.9	1.4	2.9	2.4	1.9
80	3.0	2.5	2.0	3.5	3.0	2.5
100	3.5	3.0	2.5	4.0	3.5	3.0

440.5.2.6.9 Construcción de capas de renivelación

Cuando la mezcla densa en frío se emplee en la construcción de capas de renivelación de un pavimento existente, deberá cumplir los mismos

requisitos que se exigen cuando se coloca como capa de base, si su espesor compacto es mayor o igual a setenta y cinco milímetros (75 mm). En caso contrario, deberá cumplir los requisitos exigidos a la capa intermedia.

440.5.2.6.10 Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al Constructor

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa de mezcla densa en frío por modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al Constructor, el Interventor delimitará el área afectada y ordenará las correcciones necesarias, por cuyo trabajo autorizará el pago al Constructor, al respectivo precio unitario del contrato.

440.5.2.6.11 Medidas de deflexión

El Interventor verificará la solidez de la estructura construida al nivel de la capa de mezcla densa en frío, realizando medidas de deflexión con la viga Benkelman, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-795. Los resultados de las medidas, que se realizarán en tresbolillo cada 20 metros, no constituirán base para aceptación o rechazo de la capa construida, sino que servirán al Instituto Nacional de Vías para verificar la homogeneidad de la estructura que se construye y realizar los ajustes que pudieran resultar necesarios al diseño estructural del pavimento.

440.6 MEDIDA

Rige lo descrito en el Artículo 400 y en particular en el numeral 400.6.2. Para bacheos, se aplicará lo especificado en el numeral 400.6.3 del mismo Artículo.

440.7 FORMA DE PAGO

Rige lo descrito en el Artículo 400 y en particular en el numeral 400.7.3.

Se excluyen del precio unitario el suministro y el almacenamiento de la emulsión para la mezcla, que se pagarán de acuerdo con el Artículo 411.

440.8 ÍTEM DE PAGO

440.1 Mezcla densa en frío tipo MDF-38	Metro cúbico (m ³)
440.2 Mezcla densa en frío tipo MDF-25	Metro cúbico (m ³)
440.3 Mezcla densa en frío tipo MDF-19	Metro cúbico (m ³)
440.4 Mezcla densa en frío para bacheo	Metro cúbico (m ³)

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIA

MEZCLA ABIERTA EN FRÍO

ARTÍCULO 441 – 13

441.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la elaboración, transporte, colocación y compactación de una mezcla asfáltica de tipo abierto, preparada en frío en una planta fija o ambulante, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos o determinados por el Interventor.

441.2 MATERIALES

441.2.1 Agregados pétreos

Los agregados pétreos deberán satisfacer los requisitos del Artículo 400, numeral 400.2.1. Adicionalmente, deberán cumplir con los requisitos de calidad de la Tabla 441 - 1.

Tabla 441 - 1. Requisitos de los agregados para mezcla abierta en frío

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO		
		NT-1	NT-2	NT-3
Dureza, agregado grueso (O)				
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%)	E-218			
Capa de: rodadura / intermedia	E-219	25/35	25/35	25/35
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)				
- Capa de: rodadura / intermedia	E-238	-	25/30	20/25
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos				
- Valor en seco: rodadura / intermedia, mínimo (kN)	E-224			110/90
- Relación húmedo/seco: rodadura / intermedia, mínimo (%)				75/75
Coefficiente de pulimiento acelerado para rodadura, mínimo	E-232	0.45	0.45	0.45
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, agregado grueso y fino, máximo (%)	E-220	18	18	18
Limpieza, agregado grueso (F)				
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	E-237	0.5	0.5	0.5
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)				
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%)	E-240	10	10	10
Caras fracturadas, mínimo (%)				
- Una cara: rodadura / intermedia	E-227	75/-	75/60	85/70
- Dos caras: rodadura / intermedia		60/-	75/-	75/-
Adhesividad (O)				
Agregado grueso: Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo, mínimo (%)	E-757	Reportar		

Los agregados se deberán ajustar a alguna de las gradaciones indicadas en la Tabla 441 - 2.

Tabla 441 - 2. Franja granulométrica para mezcla abierta en frío

TIPO DE MEZCLA	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	37.5	25.0	19.0	12.5	9.5	4.75	2.26	0.075
	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 8	No. 200
	% PASA							
MAF-38	100	70-95	-	25-55	-	0-15	0-5	0-2
MAF-25	-	100	70-95	-	20-45	0-20	0-10	0-2
MAF-19	-	-	100	70-95	-	10-30	0-10	0-2
TOLERANCIAS EN PRODUCCIÓN SOBRE LA FÓRMULA DE TRABAJO (±)	4 %						3 %	

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el Constructor deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme, sensiblemente paralela a los límites de la franja por utilizar, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior del tamiz adyacente y viceversa.

El tipo de mezcla asfáltica por emplear estará en función del espesor compacto de la capa asfáltica y se definirá en los documentos del proyecto, siguiendo los criterios de la Tabla 441 - 3.

Tabla 441 - 3. Tipo de mezcla por utilizar en función del espesor compacto de la capa

TIPO DE MEZCLA	TIPO DE CAPA	ESPESOR COMPACTO (mm)
MAF-19	Rodadura	< 40
MAF-25	Rodadura Intermedia	40 a 75
MAF-38	Intermedia Base Bacheos	> 75 Bacheos

Durante el proceso de compactación de la mezcla se deberá aplicar un sello de arena para evitar la adhesión de las llantas de los vehículos, debido a la presencia de fluidificantes en la emulsión asfáltica. La arena será natural, proveniente de trituración o una mezcla de ambas; estará exenta de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras materias objetables. Sus características deberán ser las mismas que se exigen a los agregados

para el sello de arena-asfalto, según el Artículo 432 de estas especificaciones.

441.2.2 Material bituminoso

El material bituminoso para elaborar la mezcla abierta en frío será una emulsión asfáltica catiónica de rotura media, correspondiente al tipo CRM indicado en el Artículo 411 y que sea compatible con los agregados pétreos por emplear.

441.2.3 Aditivos mejoradores de adherencia entre los agregados y el asfalto

Cuando se requieran, deberán cumplir con los requisitos del Artículo 412. La dosificación y la dispersión homogénea del aditivo deberán tener la aprobación del Interventor.

El Constructor deberá garantizar que su incorporación no producirá ningún efecto nocivo a los agregados, al ligante asfáltico o a la mezcla. Cualquier efecto adverso en el comportamiento del pavimento, que se derive del empleo del aditivo, será de responsabilidad exclusiva del Constructor, quien deberá efectuar todas las reparaciones que requiera la mezcla compactada, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a satisfacción de éste.

441.3 EQUIPO

Rige lo que resulte aplicable de lo indicado en los numerales 400.3 del Artículo 400 y 440.3 del Artículo 440, con la salvedad que las mezclas abiertas en frío normalmente no requieren la adición de agua y, en consecuencia, los depósitos y dispositivos para la aplicación de agua en la planta pueden no ser necesarios.

Como equipo accesorio se requiere, además, un esparcidor mecánico o volqueta desde el cual se pueda repartir arena manualmente sobre la superficie con ayuda de palas.

441.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

441.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el Artículo 105, “Desarrollo y control de los trabajos”, numeral 105.13.3.

441.4.2 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

Rige todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.2 del Artículo 400.

El contenido del ligante se deberá fijar en función de los materiales por emplear, basándose principalmente en la experiencia obtenida en casos análogos. Se hará, ante todo, una determinación del contenido óptimo teórico de ligante, utilizando métodos basados en la superficie específica de los agregados; y luego, con proporciones variables de ligante por encima y por debajo de este óptimo teórico, se elaborarán mezclas para someterlas al ensayo de cubrimiento y desplazamiento, según la norma INV E-769, cuyos resultados permitirán definir la proporción de emulsión en relación con el peso de los agregados secos.

La mezcla abierta en frío no se podrá fabricar a escala industrial, mientras el Interventor no haya aprobado la fórmula de trabajo y realizado las verificaciones correspondientes en la fase de experimentación. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla o se rebasan de manera frecuente las tolerancias granulométricas establecidas en este Artículo, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

441.4.3 Preparación de la superficie existente

Al respecto, resulta aplicable lo descrito para las mezclas densas en frío en el numeral 440.4.3 del Artículo 440.

441.4.4 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 400.4.3 del Artículo 400.

441.4.5 Aprovechamiento de los agregados y elaboración de la mezcla

Se aplica el procedimiento descrito para las mezclas densas en frío en los numerales 440.4.5 y 440.4.6 del Artículo 440, modificado este último en el hecho de que la incorporación de agua de preenvuelta en el mezclador no suele ser necesaria.

441.4.6 Transporte de la mezcla

La mezcla se transportará a la obra en volquetas carpadas, hasta una hora del día en que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar correctamente con luz solar. Sólo se permitirá el trabajo en horas

nocturnas si, a juicio del Interventor, existe una iluminación artificial apropiada que permita la extensión y compactación de la mezcla, tal como se establece en el numeral 441.4.14.

Durante el transporte de la mezcla se deberán tomar las precauciones necesarias para reducir al mínimo las pérdidas de los solventes volátiles de la emulsión.

441.4.7 Transferencia de la mezcla

Si el Constructor dispone de una máquina para la transferencia de la mezcla asfáltica (shuttle buggy), la volqueta descargará la mezcla en la tolva de almacenamiento de la máquina, cuyas bandas transportadoras se encargarán de alimentar la pavimentadora, sin que ésta sea tocada por las llantas de la volqueta, favoreciendo de esta manera la regularidad superficial.

441.4.8 Extensión de la mezcla

Resulta aplicable el mismo procedimiento descrito en el numeral 440.4.9 del Artículo 440 para las mezclas densas en frío, excepto lo referente a la adición y enrase de mezcla por parte de obreros detrás de la máquina pavimentadora.

441.4.9 Compactación de la mezcla

La compactación de la mezcla se realizará de acuerdo con el plan propuesto por el Constructor y aprobado por el Interventor durante la fase de experimentación.

Normalmente, la compactación comienza con una sola pasada del rodillo vibratorio liso con el fin de obtener la adecuada orientación del agregado. A continuación, se extiende manualmente una capa de arena, a razón de unos cuatro kilogramos por metro cuadrado (4 kg/m^2), con el fin de eliminar la consistencia viscosa de la mezcla y, posteriormente, se pasará el rodillo neumático el número de veces definido en la fase de experimentación, con el fin de que la mezcla alcance un grado de firmeza satisfactorio para el Interventor.

La compactación deberá empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas, en donde el cilindro avanzará del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma fijada por el Interventor, hasta que la

superficie total haya sido compactada. Los rodillos deberán llevar su llanta motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el Interventor, y sus cambios de dirección se harán sobre la mezcla ya compactada.

La compactación se deberá realizar de manera continua durante la jornada de trabajo, y se complementará con el trabajo manual necesario para la corrección de todas las irregularidades que se puedan presentar. Se cuidará que los elementos de compactación estén siempre limpios y, cuando sea preciso, húmedos.

En los lugares inaccesibles a los equipos normales de compactación, el proceso se efectuará mediante máquinas de tamaño y diseño adecuado para la labor por realizar, previo el visto bueno del Interventor.

Cuando la mezcla tenga por objeto servir como capa de rodadura, la textura del pavimento terminado deberá ser uniforme y permitir una adecuada adherencia con las llantas de los vehículos en condición de superficie húmeda.

441.4.10 Juntas de trabajo

Resulta aplicable lo descrito en el numeral 440.4.11 del Artículo 440.

441.4.11 Almacenamiento de mezclas abiertas en frío

Cuando la mezcla no se vaya a emplear inmediatamente después de su fabricación, se deberá acopiar en un lugar apropiado, donde quede protegida contra la acción de lluvias que puedan lavar la película de ligante. Los acopios se deberán realizar por capas de poca altura para evitar la segregación y con una disposición adecuada para prevenir su contaminación.

Si el tiempo de almacenamiento es muy largo y se forma una costra dura en la superficie del acopio, esta costra se deberá retirar completamente y descartar en el momento en que se vaya a emplear la mezcla.

441.4.12 Bacheos

Resulta aplicable lo indicado en el numeral 440.4.13 del Artículo 440.

441.4.13 Apertura al tránsito

El tramo pavimentado se podrá abrir al tránsito una vez que el grado de compactación alcanzado resulte satisfactorio para el Interventor. La velocidad de los vehículos se deberá limitar a treinta kilómetros por hora (30 km/h) durante las setenta y dos (72) horas siguientes a la apertura al tránsito.

En los casos en que la mezcla abierta en frío se construya como capa intermedia, se podrá abrir al tránsito con las mismas limitaciones, mientras se construye la capa superior, la cual no se podrá colocar hasta que la mezcla abierta se encuentre totalmente curada en cuanto a la eliminación del agua y del fluidificante de la emulsión.

441.4.14 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la extensión y compactación de mezclas abiertas en caliente cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie del pavimento sean inferiores a cinco grados Celsius (5 ° C) o haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra.

Los trabajos de construcción de la mezcla abierta en frío se deberán efectuar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

441.4.15 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400 de estas especificaciones.

441.4.16 Reparaciones

Al respecto, se aplica todo lo indicado en el numeral 440.4.17 del Artículo 440.

441.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

441.5.1 Controles

Rige lo que resulte aplicable del numeral 400.5.1 del Artículo 400.

441.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**441.5.2.1 Calidad de la emulsión**

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para la emulsión asfáltica serán los establecidos en el Artículo 411

441.5.2.2 Calidad de los agregados pétreos**441.5.2.2.1 Aprobación inicial**

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deberán realizar los ensayos que se encuentran indicados en la Tabla 441 - 1.

Los resultados de estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 441.2.1, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

441.5.2.2.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, se ordenará acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas, y plasticidad, y vigilará la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, se efectuarán las verificaciones de calidad indicadas en la Tabla 441 - 4.

Tabla 441 - 4. Ensayos de verificación sobre los agregados para mezcla abierta en frío

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos	E-224	1 por mes
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza, agregado grueso (F)		
Impurezas en agregado grueso	E-237	1 por semana
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)		
Partículas planas y alargadas, relación 5:1	E-240	1 por semana
Caras fracturadas	E-227	1 por jornada

El Interventor podrá autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 441 - 4, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En ningún caso se permitirá el empleo de agregados minerales que no satisfagan los requisitos del numeral 441.2.1 del presente Artículo. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado insatisfactorio, se tomarán dos muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos de comprobación deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

441.5.2.3 Composición de la mezcla

A la salida del mezclador o del silo de almacenamiento, sobre cada vehículo de transporte, el Interventor controlará el aspecto de la mezcla. Rechazará todas las mezclas

segregadas, así como aquellas cuya envuelta no sea homogénea.

Cuantitativamente, se realizarán los siguientes controles:

441.5.2.3.1 Contenido de asfalto

Sobre cinco (5) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 441.5.2.4.1, se determinará el contenido de asfalto residual (norma de ensayo INV E-732).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART%) tendrá una tolerancia de tres por mil (0.3 %), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (ARF%).

$$ARF\% - 0.3\% \leq ART\% \leq ARF\% + 0.3\%$$

[441.1]

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI %), no podrá diferir del valor promedio (ART %) en más de medio por ciento (0.5 %), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$ART\% - 0.5\% \leq ARI\% \leq ART\% + 0.5\%$$

[441.2]

Un porcentaje de asfalto residual promedio (ART %) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso del ligante, el Constructor demuestre que no habrá problemas de comportamiento de la mezcla, ni de inseguridad para los usuarios.

En caso de rechazo, la capa de mezcla abierta en frío correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para

el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

441.5.2.3.2 Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados, según la norma de ensayo INV E-782.

La curva granulométrica de cada ensayo individual deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la Tabla 441 - 2, pero sin permitir que la curva se salga de la franja.

Cuando los valores obtenidos incumplan estos requisitos, pero no salgan de la franja, el Constructor deberá elaborar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje de emulsión que dé lugar al contenido medio de asfalto residual de la mezcla elaborada con este agregado. Dicha mezcla se someterá a las pruebas de valoración descritas en el numeral 441.4.2 de esta especificación. Si los requisitos allí indicados no resultan satisfactorios para el Interventor, se rechazará el lote representado por esas muestras.

En caso de rechazo, la capa de mezcla abierta en frío correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

441.5.2.4 Calidad del producto terminado

441.5.2.4.1 Tamaño del lote

Se considerará como “lote” que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500 m) de mezcla colocada en todo el ancho de la calzada;
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de mezcla colocada;
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

441.5.2.4.2 Aspectos generales

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se esté construyendo, excluyendo sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Interventor. La cota de cualquier punto de la mezcla compactada, no deberá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además, se harán las siguientes verificaciones:

441.5.2.4.3 Espesor

Las determinaciones de espesor de la capa compactada se realizarán en una proporción de cuando menos cinco (5) por lote. Los sitios para las mediciones se elegirán al azar de acuerdo con la norma INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro. El espesor promedio de la capa compactada (e_m) no podrá ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d$$

[441.3]

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, como mínimo, igual al ochenta por ciento (80 %) del espesor de diseño, admitiéndose un (1) solo valor por debajo de dicho límite, siempre que este último valor sea igual o

mayor al setenta y cinco por ciento (75 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.80 e_d$$

[441.4]

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del lote. En tal caso, la capa de mezcla abierta en frío correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

A opción del Constructor y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, el fresado y reposición de la capa se pueden sustituir por la colocación de una capa adicional a su costa, de cinco centímetros (5 cm) de espesor compacto, cumpliendo todos los requisitos de calidad de esta especificación. El riego de liga que se deba colocar para adherir las capas será también de cuenta del Constructor, quien deberá ejecutarlo en acuerdo al Artículo 421 de estas especificaciones.

441.5.2.4.4 Planicidad

La superficie compactada no deberá presentar irregularidades de más de diez milímetros (10 mm) en capas de rodadura ni de más de quince milímetros (15 mm) en capas intermedias o bacheos, cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793; la regla se colocará tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el Interventor, los cuales no deberán estar afectados por cambios de pendiente. Las zonas que presenten deficiencias de este tipo deberán ser reparadas por el Constructor de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

441.5.2.4.5 Textura

Las medidas de textura se realizarán antes de la puesta en servicio de la capa y se harán únicamente sobre mezclas compactadas como capa de rodadura, empleando el método descrito en la norma de ensayo INV E-791.

El número mínimo de puntos a controlar por lote será de tres (3), que se ampliarán a cinco (5) si la textura obtenida en uno de los tres (3) primeros es inferior a la especificada. Después de diez (10) lotes consecutivos aceptados, el Interventor podrá autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos.

La ubicación de los puntos de medida se realizará al azar, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-730.

La profundidad media de textura deberá ser, cuando menos, igual a un milímetro (1.0 mm), sin que ningún valor individual sea inferior a ocho décimas de milímetro (0.8 mm) y sin que existan áreas con evidencias indudables de segregación.

Si este requisito no se cumple, la capa de mezcla abierta en frío correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías; el material fresado será propiedad del Constructor. Alternativamente y a opción del Constructor, y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, éste podrá colocar una capa adicional, a su costa, de cincuenta milímetros (50 mm) de espesor compacto, cumpliendo todos los requisitos de calidad de esta especificación. El riego de liga que se deba colocar para adherir las capas se deberá ejecutar en acuerdo al Artículo 421, también sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

441.5.2.4.6 Resistencia al deslizamiento

Una vez transcurridos, como mínimo, treinta (30) días de la puesta en servicio, se harán las determinaciones de la resistencia al deslizamiento sobre mezclas densas en frío construidas para servir como capas de rodadura.

Debido a que la resistencia al deslizamiento se encuentra relacionada directamente con la seguridad de los usuarios, los puntos para su determinación en cada lote no se elegirán al azar, sino que serán ubicados por el Interventor en los lugares que considere más sensibles al deslizamiento vehicular en condición de superficie húmeda.

Las medidas se realizarán con el péndulo británico, en acuerdo con la norma de ensayo INV E-792, en tres (3) puntos por lote en zonas en tangente y en uno (1) por cada curva horizontal y por cada zona singular (glorieta, intersección, zona de frenado, etc.) incluida dentro del lote y ninguna de ellas podrá presentar un valor inferior al límite indicado en la Tabla 441 - 5, de acuerdo con el tránsito de diseño y el tipo de sección.

En caso de que se presenten valores menores, el Interventor realizará medidas adicionales para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual deberá ser corregida por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. Para ello, la capa de mezcla abierta en frío correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, quedando el material fresado de propiedad del Constructor. Alternativamente y a opción del Constructor, y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, éste podrá colocar una capa adicional de una mezcla del mismo tipo, sin costo adicional

para el Instituto Nacional de Vías, de cincuenta milímetros (50 mm) de espesor compacto, cumpliendo todos los requisitos de calidad de esta especificación. El riego de liga que se deba colocar para adherir las capas se deberá ejecutar en acuerdo al Artículo 421, también sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Tabla 441 - 5. Valores mínimos admisibles del coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo británico

TIPO DE CAPA	COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO, MÍNIMO		
	NT1	NT2	NT3
Glorietas; curvas con radios menores de 200 metros; pendientes $\geq 5\%$ en longitudes de 100 metros o más; intersecciones; zonas de frenado frecuente.	0.50	0.55	0.60
Otras secciones	0.45	0.50	0.50

La resistencia al deslizamiento se puede verificar también con dispositivos de rueda parcialmente bloqueada (norma de ensayo INV E-815). En tal caso, la especificación particular indicará el equipo autorizado, así como los valores mínimos por alcanzar, los cuales deberán ser, cuando menos, equivalentes a los señalados en la Tabla 441 - 5 para el péndulo británico.

441.5.2.4.7 Regularidad superficial

Para mezclas abiertas en frío que hagan las veces de capa de rodadura, resultan aplicables las exigencias del numeral 440.5.2.6.8 del Artículo 440.

441.5.2.4.8 Construcción de capas de renivelación

Cuando una mezcla abierta en frío se emplee como capa de renivelación de un pavimento existente, deberá cumplir con los mismos requisitos que se exigen cuando se coloca como capa intermedia.

441.5.2.4.9 Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al Constructor

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa de mezcla abierta en frío por modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al Constructor, el Interventor delimitará el área afectada y ordenará las correcciones necesarias, por cuyo trabajo autorizará el pago al Constructor, al respectivo precio unitario del contrato.

441.5.2.4.10 Medidas de deflexión

El Interventor verificará la solidez de la estructura construida al nivel de la capa de mezcla abierta en frío, realizando medidas de deflexión con la viga Benkelman, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-795. Los resultados de las medidas, que se realizarán en tresbolillo cada 20 metros, no constituirán base para aceptación o rechazo de la capa construida, sino que servirán al Instituto Nacional de Vías para verificar la homogeneidad de la estructura que se construye y realizar los ajustes que pudieran resultar necesarios al diseño estructural del pavimento.

Todas las áreas de mezcla abierta en frío colocada y compactada, donde los defectos de calidad y de terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deberán ser corregidas por el Constructor de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

441.6 MEDIDA

Rige lo descrito en el Artículo 400 y, en particular, en el numeral 400.6.2. Para bacheos, se aplicará lo especificado en el numeral 400.6.3 del mismo Artículo.

441.7 FORMA DE PAGO

Rige lo descrito en el Artículo 400 y, en particular, en el numeral 400.7.3.

Se excluyen del precio unitario el suministro y el almacenamiento de la emulsión para la mezcla, que se pagarán de acuerdo el Artículo 411.

441.8 ÍTEM DE PAGO

441.1 Mezcla abierta en frío tipo MAF-19	Metro cúbico (m ³)
441.2 Mezcla abierta en frío tipo MAF-25	Metro cúbico (m ³)
441.3 Mezcla abierta en frío tipo MAF-38	Metro cúbico (m ³)
441.4 Mezcla abierta en frío tipo MAF-38 para bacheo	Metro cúbico (m ³)

MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE DE GRADACIÓN CONTINUA (CONCRETO ASFÁLTICO)

ARTÍCULO 450 – 13

450.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la elaboración, transporte, colocación y compactación, de una o más capas de mezcla asfáltica de gradación continua, preparada y colocada en caliente (concreto asfáltico), de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos o determinados por el Interventor.

La Tabla 450 - 1 relaciona tres tipos de mezclas asfálticas de gradación continua, en función del tipo de granulometría; se incluyen también las mezclas de alto módulo, cuyo módulo resiliente, medido por medio de la norma de ensayo INV E-749 a la temperatura y frecuencia definidas para el proyecto, debe ser igual o superior a 10,000 MPa.

Tabla 450 - 1. Tipos de mezclas asfálticas en caliente de gradación continua

TIPO	DENOMINACIÓN
POR TIPO DE GRANULOMETRÍA	
- Mezclas densas	MDC
- Mezclas semidensas	MSC
- Mezclas gruesas	MGC
MEZCLAS ESPECIALES	
Mezclas de alto módulo	MAM

El presente Artículo no incluye las mezclas de reciclado en planta y en caliente de pavimento asfáltico, las cuales son consideradas en el Artículo 462.

La Tabla 450 - 2 presenta la denominación de las capas asfálticas en función de su posición dentro de la estructura. Los documentos del proyecto establecerán los tipos y calidades de las capas asfálticas que componen la estructura.

450.2 MATERIALES

450.2.1 Agregados pétreos y llenante mineral

450.2.1.1 Requisitos generales

Los agregados pétreos y el llenante mineral deberán satisfacer los requisitos del Artículo 400, numeral 400.2.1. Así mismo, deberán cumplir los requisitos de calidad mencionados en la Tabla 450 - 3.

Tabla 450 - 2. Denominación de las capas asfálticas en caliente de gradación continua

TIPO DE CAPA	DESCRIPCIÓN
Rodadura	Capa superior
Intermedia	Capa subyacente a la rodadura, en estructuras con 2 o más capas asfálticas
Base	Capa o capas subyacentes a la intermedia, en estructuras con 3 o más capas asfálticas

450.2.1.2 Agregado fino

La proporción de arena natural no podrá exceder los valores indicados en la Tabla 450 - 4.

450.2.1.3 Llenante mineral

El llenante mineral podrá provenir de los procesos de trituración y clasificación de los agregados pétreos, separándose de ellos por medio de los ciclones de la planta mezcladora, o podrá ser de aporte como producto comercial, generalmente cal hidratada o cemento hidráulico. La proporción de llenante mineral y los requisitos para el mismo deberán cumplir lo mencionado en la Tabla 450 - 5.

450.2.1.4 Granulometría

La granulometría del agregado obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones, incluido el llenante mineral, deberá estar comprendida dentro de alguna de las franjas fijadas en la Tabla 450 - 6. El análisis granulométrico se deberá efectuar de acuerdo con la norma INV E-213.

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el Constructor deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme, sensiblemente paralela a los límites de la franja por utilizar, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior del tamiz adyacente y viceversa.

Tabla 450 - 3. Requisitos de los agregados para mezclas asfálticas en caliente de gradación continua

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO		
		NT1	NT2	NT3
Dureza, agregado grueso (O)				
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%)				
- Capa de: rodadura / intermedia / base, 500 revoluciones	E-218	25/35/-	25/35/35	25 / 35 / 35
- Capa de: rodadura / intermedia / base, 100 revoluciones		5/7/-	5/7/7	5/7/7
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238			
- Capa de: rodadura / intermedia / base			25/30/30	20/25/25
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos, capa de: rodadura / intermedia / base	E-224			
- Valor en seco, mínimo (kN)				110/90/75
- Relación húmedo/seco, mínima (%)				75/75/75
Coefficiente de pulimiento acelerado para rodadura, mínimo	E-232	0.45	0.45	0.45
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, agregados fino y grueso, máximo (%)	E-220	18	18	18
Limpieza, agregado grueso (F)				
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	E-237	0.5	0.5	0.5
Limpieza, gradación combinada (F)				
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	NP	NP	NP
Equivalente de arena, mínimo (%) (Nota 1)	E-133	50	50	50
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 1)	E-235	10	10	10
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)				
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%)	E-240	10	10	10
Caras fracturadas, mínimo (%)				
- Una cara: rodadura / intermedia / base	E-227	75/60/-	75/75/60	85/75/60
- Dos caras: rodadura / intermedia / base		-/-/-	60/-/-	70/-/-
Geometría de las partículas, agregado fino (F)				
Angularidad de la fracción fina, método A, mínimo (%)	E-239	40/35/-	45/40/35	45/40/35
- Capa de: rodadura / intermedia / base				
Adhesividad (O)				

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO		
		NT1	NT2	NT3
- Agregado grueso: Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo (%)	E-757	Reportar		
- Agregado fino: adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método riedel-weber), índice mínimo	E-774	4		

Nota 1: El equivalente de arena será el del agregado finalmente obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones (incluido el llenante mineral), según las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo y antes de pasar por el secador de la planta mezcladora. En caso de que no se cumpla el valor mínimo señalado en la tabla, el agregado se aceptará si su equivalente de arena, medido en las mismas condiciones, es superior a 40 % y, simultáneamente, el valor de azul de metileno, determinado mediante la norma de ensayo INV E- 235, es inferior a diez (10).

Nota 2: La determinación del valor de azul de metileno no es obligatoria si el equivalente de arena cumple con el valor mínimo señalado en la tabla.

Tabla 450 - 4. Proporción máxima de arena natural en el agregado para mezclas asfálticas en caliente de gradación continua

CARACTERÍSTICA	NIVEL DE TRÁNSITO		
	NT1	NT2	NT3
Proporción de arena natural: % de la masa total del agregado combinado	≤ 25	≤ 25	≤ 15
Proporción de arena natural: % de la masa total del agregado fino	≤ 50		

Tabla 450 - 5. Proporción y requisitos del llenante mineral

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO		
		NT1	NT2	NT3
Proporción de llenante mineral de aporte: (% en masa del llenante total)	-			
- Capa de rodadura		-	≥ 25	≥ 50
- Capa intermedia		-	≥ 25	≥ 50
- Capa de base		-	-	≥ 25
Granulometría del llenante mineral de aporte:	E -215			
- % que pasa tamiz 425 µm (No. 40)		100		
- % que pasa tamiz 150 µm (No. 100)		> 90		
- % que pasa tamiz 75 µm (No. 200)		> 75		

Densidad bulk (g/cm ³)	E-225	0.5 a 0.8	
Vacíos del llenante seco compactado (%)	E-229	-	≥ 38

El tipo de mezcla asfáltica en caliente por emplear dependerá del tipo y del espesor compacto de la capa asfáltica y se definirá en los documentos del proyecto, siguiendo los criterios de la Tabla 450 - 7.

Tabla 450 - 6. Franjas granulométricas para mezclas asfálticas en caliente de gradación continua

TIPO DE MEZCLA		TAMIZ (mm / U.S. Standard)									
		37.5 1 1/2"	25.0 1"	19.0 3/4"	12.5 1/2"	9.5 3/8"	4.75 No. 4	2.00 No. 10	0.425 No. 40	0.180 No. 80	0.075 No. 200
		% PASA									
DENSE	MDC-25		100	80-95	67-85	60-77	43-59	29-45	14-25	8-17	4-8
	MDC-19			100	80-95	70-88	49-65	29-45	14-25	8-17	4-8
	MDC-10					100	65-87	43-61	16-29	9-19	5-10
SEMIDENSE	MSC-25		100	80-95	65-80	55-70	40-55	24-38	9-20	6-12	3-7
	MSC-19			100	80-95	65-80	40-55	24-38	9-20	6-12	3-7
GRUESA	MGC-38	100	75-95	65-85	47-67	40-60	28-46	17-32	7-17	4-11	2-6
	MGC-25		100	75-95	55-75	40-60	28-46	17-32	7-17	4-11	2-6
ALTO MÓDULO	MAM -25		100	80-95	65-80	55-70	40-55	24-38	10-20	8-14	6-9
TOLERANCIAS EN PRODUCCIÓN SOBRE LA FÓRMULA DE TRABAJO (±)		4 %						3 %		2 %	

Tabla 450 - 7. Tipo de mezcla por utilizar en función del tipo y espesor compacto de la capa

TIPO DE CAPA	ESPESOR COMPACTO (mm)	TIPO DE MEZCLA
Rodadura	30 – 40	MDC-10
	40 – 60	MDC-19, MSC-19
	> 60	MDC-25, MDC-19, MSC-19
Intermedia	> 50	MDC-25, MSC-25
Base	> 75	MSC-25, MGC-38, MGC-25
Alto módulo	60 - 130	MAM-25
Bacheos	50 – 75	MSC-25, MGC-25
	> 75	MSC-25, MGC-38, MGC-25

450.2.2 Material bituminoso

El material bituminoso para elaborar la mezcla en caliente será seleccionado en función de:

- Características climáticas de la zona;
- Tipo de capa;
- Condiciones de operación de la carretera.

Los documentos del proyecto deben indicar el tipo de asfalto por utilizar en cada capa del pavimento. El tipo de asfalto puede ser:

- Asfalto convencional, con denominaciones 40-50, 60-70 u 80-100 según se definen en el Artículo 410;
- Asfalto modificado con polímeros, con Tipo II (Ila y I Ib), Tipo III y Tipo V según se definen en el Artículo 414.

En términos generales, se podrán tomar como guía para la selección del tipo de asfalto las indicaciones de la Tabla 450 - 8; los asfaltos deberán cumplir con los requisitos de calidad establecidos en los Artículos 410 o 414, según corresponda.

Tabla 450 - 8. Tipo de asfalto por emplear en mezclas asfálticas en caliente de gradación continua

TIPO DE CAPA	NT 1			NT 2			NT 3		
	TEMPERATURA MEDIA ANUAL DE LA REGIÓN (° C)								
	> 24	15-24	< 15	> 24	15-24	< 15	> 24	15-24	< 15
Rodadura e Intermedia	60-70	60-70 u 80-100	80-100	60-70	60-70 u 80-100	80-100	40-50 60-70 o Tipo II (a o b) o Tipo III	40-50 60-70 o Tipo II (a o b)	60-70 80-100 o Tipo IIb
Base	NA			60-70 u 80-100	60-70 u 80-100	80-100	60-70	60-70 u 80-100	80-100
Alto Módulo	NA			NA			Tipo V		

Nota 1: Para una temperatura menor de 15° C y tránsito NT3, los documentos del proyecto podrán recomendar un cemento asfáltico de grado de penetración 60-70, si se considera que el tránsito es extremadamente agresivo. Bajo una consideración similar se puede emplear el cemento asfáltico modificado con polímeros Tipo III para el mismo nivel de tránsito y temperaturas de 24° C o menores.

450.2.3 Aditivos mejoradores de la adherencia entre los agregados y el asfalto

Cuando se requieran, deberán cumplir con los requisitos del Artículo 412. Los aditivos por emplear deberán ser recomendados y suministrados por el Constructor y su dosificación y dispersión homogénea deberán tener la aprobación del Interventor.

El Constructor deberá garantizar que su incorporación no producirá ningún efecto nocivo a los agregados, al ligante asfáltico o a la mezcla. Cualquier efecto adverso en el comportamiento del pavimento que se derive del empleo del aditivo, será de responsabilidad exclusiva del Constructor, quien deberá efectuar todas las reparaciones que requiera la mezcla compactada, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor.

450.2.4 Aditivos para modificar la reología

En caso de que el Constructor proponga la incorporación de productos modificadores de la reología de una mezcla en caliente elaborada con cemento asfáltico convencional, fibras por ejemplo, deberá presentar los estudios técnicos que determinen su dosificación, así como la del ligante utilizado, de manera que el comportamiento de la mezcla sea semejante al que se obtendría al emplear un cemento asfáltico modificado con polímeros. Su uso deberá contar con la aprobación del Interventor.

450.3 EQUIPO

Al respecto, se considerará lo que resulte aplicable de lo indicado en el Artículo 400. Para la compactación, se deberán poner a disposición de los trabajos, como mínimo, un (1) compactador vibratorio de rodillos metálicos o mixto y uno (1) de llantas neumáticas.

450.4 EJECUCION DE LOS TRABAJOS

450.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el Artículo 105, "Desarrollo y control de los trabajos", numeral 105.13.3.

450.4.2 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo**450.4.2.1 Generalidades**

Rige todo lo que resulte aplicable en el numeral 400.4.2 del Artículo 400.

450.4.2.2 Diseño de la mezcla

Las mezclas en caliente objeto del presente Artículo se diseñarán por el método Marshall, siguiendo los pasos descritos en la Tabla 450 - 9.

Tabla 450 - 9. Pasos a seguir para el diseño de mezclas asfálticas en caliente de gradación continua

PASOS	DESCRIPCIÓN	NUMERAL
Diseño preliminar	<ul style="list-style-type: none"> - Estabilidad y flujo Marshall - Propiedades volumétricas 	450.4.2.2.1
Verificación del diseño preliminar	<ul style="list-style-type: none"> - Adherencia - Resistencia al ahuellamiento - Módulo resiliente - Resistencia a la fatiga 	450.4.2.2.2

450.4.2.2.1 Diseño preliminar

Los criterios para la definición preliminar del porcentaje óptimo de asfalto de la mezcla son los indicados en la Tabla 450 - 10.

450.4.2.2.2 Verificación del diseño preliminar

El diseño preliminar que cumpla los requisitos de la Tabla 450 - 10 se deberá someter a las pruebas de verificación relacionadas en la Tabla 450 - 11 y cumplir los requisitos allí establecidos. La verificación se deberá adelantar en la secuencia indicada en esta tabla; las probetas se elaborarán con la mezcla definida como óptima en el diseño preliminar mencionado en el numeral anterior.

450.4.2.2.1 Adherencia

Si la mezcla no cumple con el requisito, se deberá incrementar su adhesividad hasta que cumpla con el mismo, empleando un aditivo mejorador de adherencia y/o un llenante mineral apropiado.

Tabla 450 - 10. Criterios para el diseño preliminar de la mezcla asfáltica en caliente de gradación continua por el método Marshall

CARACTERÍSTICA		NORMA ENSAYO INV	MEZCLAS DENSAS, SEMIDENSAS Y GRUESAS			MEZCLA DE ALTO MÓDULO
			CATEGORÍA DE TRÁNSITO			
			NT1	NT2	NT3	
Compactación (golpes/cara)		E-748 (E-800) (Nota 1)	50	75 (112)	75 (112)	75
Estabilidad mínima (N)			5,000	7,500 (16,875)	9,000 (33,750)	15,000
Flujo(mm) (Nota 2)			2.0 a 4.0	2.0 a 4.0 (3.0 a 6.0)	2.0 a 3.5 (3.0 a 5.3)	2.0 a 3.0
Relación Estabilidad / Flujo (kN/mm)			2.0 a 4.0	3.0 a 5.0 (4.5 a 7.5)	3.0 a 6.0 (4.5 a 9.0)	-
Vacíos con aire (V _a),% (Nota 3)	Rodadura	E-736	3.0 a 5.0	3.0 a 5.0	4.0 a 6.0	NA
	Intermedia	o	4.0 a 8.0	4.0 a 7.0	4.0 a 7.0	4.0 a 6.0
	Base	E-799	NA	5.0 a 8.0	5.0 a 8.0	4.0 a 6.0
Vacíos en los agregados minerales (VAM), % mínimo	T. Máx. 38 mm	E-799	13.0			-
	T. Máx. 25 mm		14.0			14.0
	T. Máx. 19 mm		15.0			-
	T. Máx. 10 mm		16.0			-
Vacíos llenos de asfalto (VFA), %		E-799	65 a 80	65 a 78	65 a 75	63 a 75
Relación Llenante / Ligante efectivo, en peso		E-799	0.8 a 1.2			1.2 a 1.4
Concentración de llenante, valor máximo		E-745	Valor crítico			
Evaluación de propiedades de empaquetamiento por el método Bailey		-	Reportar			
Espesor promedio de película de asfalto, mínimo µm		E-741	7.5			

Nota 1: Se deberá usar la norma de ensayo ENV E-800 en lugar de la INV E-748 cuando los agregados tengan un tamaño máximo superior a 25mm (1"). Los valores entre paréntesis corresponden a ensayos efectuados de acuerdo con la norma INV E-800.

Nota 2: Para mezclas elaboradas con asfaltos modificados con polímeros, se podrá aceptar un valor de flujo mayor (hasta 5.0 mm) .En cualquier caso, se deberá cumplir el requisito establecido en la respectiva columna de la tabla para la relación Estabilidad/Flujo

Nota 3: Para bacheos en capas de 50 a 75 mm de espesor se exigirán los requisitos de vacíos con aire de "intermedia" y para los de capas de más de 75 mm se exigirán los requisitos para "base". Si se llegase a efectuar un bacheo con mezcla asfáltica en caliente en espesor mayor de 75 mm en una vía cuyo tránsito de proyecto es NT1, se aplicará el criterio de vacíos con aire para las capas de "base" con tránsito NT2 (5 % - 8 %).

Tabla 450 - 11. Verificación del diseño Marshall

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO INV	VALOR	APLICABILIDAD
Adherencia: Resistencia retenida, % mínimo	E-725	80	Todas las mezclas
Resistencia a la deformación plástica: velocidad máxima de deformación en el intervalo de 105 a 120 minutos, $\mu\text{m}/\text{min}$. - Temperatura media anual del aire $> 24^{\circ}\text{C}$ - Temperatura media anual del aire $\leq 24^{\circ}\text{C}$	E-756	15 20	- Tránsito NT3: para capas de rodadura e intermedia - Mezclas de alto módulo
Módulo resiliente, MPa - Mezclas de alto módulo compactadas con 75 golpes por cara, valor mínimo a 20°C - Otras mezclas	E-749	10,000 (Nota 1)	- Mezclas de alto módulo - Opcional para otras mezclas, según documentos del proyecto
Leyes de fatiga - Mezclas de alto módulo: ensayo a 20°C y 30 Hz, ϵ_6 mínimo ($\mu\text{m}/\text{m}$) - Otras mezclas	E-808 E-784 E-808	100 (Nota 1)	- Obligatorio para mezclas de alto módulo - Opcional para otras mezclas, según documentos del proyecto

Nota 1: los documentos del proyecto podrán establecer los valores que deben cumplir los ensayos.

450.4.2.2.2 Resistencia a la deformación plástica

Para el control de la resistencia de la mezcla a la deformación plástica se podrán emplear otros métodos de pista de ensayo de laboratorio contemplados en la norma europea EN-12697-22, caso en el cual los

criterios de aceptación se deberán definir con base en especificaciones internacionales de comprobada aceptación.

450.4.2.2.3 Módulo resiliente

La determinación del módulo resiliente es obligatoria para las mezclas de alto módulo. Así mismo, los documentos del contrato pueden establecer la necesidad de efectuar ensayos de módulo resiliente para otras mezclas, y fijar valores mínimos o máximos para ellas.

Los ensayos se realizarán bajo condiciones de densidad, temperatura y frecuencia representativas de las condiciones reales de operación del pavimento, las cuales deberán estar estipuladas en los documentos técnicos del proyecto.

Las probetas que se sometan a este ensayo deberán ser elaboradas con una mezcla sometida a envejecimiento previo según la norma de ensayo AASHTO R-30. Si este valor de módulo no se cumple, será necesario rediseñar la mezcla hasta lograr su cumplimiento.

Alternativamente, el módulo podrá ser determinado mediante alguno de los procedimientos de ensayo definidos en la norma europea EN-12697-26, cuyo resultado debe ser equivalente al definido para la norma INV E-749 (10,000 MPa, para mezclas de alto módulo). En este caso, se deberán utilizar equivalencias internacionalmente comprobadas entre los resultados de los ensayos; las probetas deberán ser acondicionadas en las mismas condiciones descritas en el párrafo anterior.

450.4.2.2.2.4 Leyes de fatiga

La determinación de la ley de fatiga es obligatoria para las mezclas de alto módulo. Los documentos del contrato pueden establecer que otras mezclas óptimas sean verificadas con la medida de sus leyes de fatiga, aplicando alguno de los procedimientos de ensayo de las normas INV E-784 o E-808; también, se podrán emplear otros de reconocida aceptación, como los descritos en la norma europea EN-12697-24. Los ensayos se realizarán bajo condiciones de densidad, temperatura y frecuencia representativas de las condiciones reales de operación del pavimento, las cuales deberán estar estipuladas en los documentos técnicos del proyecto. Las probetas que se sometan a este ensayo deberán ser elaboradas con una mezcla sometida a envejecimiento previo según la norma de ensayo AASHTO R-30.

Aunque los resultados de los ensayos de fatiga no tienen por finalidad la aceptación o el rechazo de la mezcla por parte del Interventor, salvo en el caso de las mezclas de alto módulo y en aquellas que indiquen los documentos del proyecto, el Constructor deberá asegurar que las leyes de fatiga de las mezclas que elabore sean adecuadas para las necesidades de tránsito del proyecto donde se utilizará, por cuanto será de su entera y única responsabilidad cualquier deterioro prematuro atribuible exclusivamente a la fatiga de las capas asfálticas, durante el período de garantía de estabilidad de la obra.

450.4.2.2.3 Ajuste de la fórmula de trabajo

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se podrá ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varían la procedencia o las características de alguno de los componentes de la mezcla o se rebasan las tolerancias granulométricas establecidas en este Artículo, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

450.4.3 Preparación de la superficie existente

La mezcla no se extenderá hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan de las tolerancias establecidas en la especificación respectiva, deberán ser corregidas de acuerdo con lo establecido en ella.

Si la extensión de la mezcla necesita riegos previos de imprimación o de liga, ellos se realizarán conforme lo establecen los Artículos 420 y 421, respectivamente.

Antes de aplicar la mezcla, se verificará que haya ocurrido el curado del riego previo, no debiendo quedar restos de fluidificante ni de agua en la superficie. Si hubiera transcurrido mucho tiempo desde la aplicación del riego, se comprobará que su capacidad de liga con la mezcla no se haya mermado en forma perjudicial; si ello ha sucedido, el Constructor deberá efectuar un riego adicional de adherencia, en la cuantía que fije el Interventor. Si la pérdida de efectividad del riego anterior es imputable al Constructor, el nuevo riego deberá realizarlo sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Las excavaciones para bacheo, así como las operaciones de relleno con los materiales adecuados para restablecer el nivel actual, se ejecutarán de acuerdo con las indicaciones del Artículo 465 para la excavación y de los Artículos que correspondan a los materiales empleados en el relleno de la misma.

Si la superficie sobre la cual se va a colocar la mezcla corresponde a un pavimento asfáltico antiguo que, de acuerdo con los estudios del proyecto

o el criterio del Interventor, requiere un fresado previo, éste se realizará conforme se establece en el Artículo 460.

450.4.4 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 400.4.3 del Artículo 400.

450.4.5 Aprovechamiento de los agregados

Los agregados se suministrarán fraccionados y se manejarán separados hasta su introducción en las tolvas en frío. El número de fracciones deberá ser tal que sea posible, con la instalación que se utilice, cumplir las tolerancias exigidas en la granulometría de la mezcla. Cada fracción será suficientemente homogénea y se deberá poder acopiar y manejar sin peligro de segregación, observando las precauciones que se detallan a continuación. Cuando la mezcla asfáltica se vaya a elaborar en una planta del tipo tambor secador- mezclador no se permitirá, por ningún motivo, realizar una predosificación de las fracciones de los agregados pétreos, antes de su vertimiento en las tolvas de agregados en frío de la planta.

Cada fracción del agregado se acopiará separada de las demás, para evitar intercontaminaciones. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se utilizarán los quince centímetros (15 cm) inferiores de los mismos. Los acopios se construirán por capas de espesor no superior a un metro y medio (1.5 m), y no por montones cónicos. Las cargas del material se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

Cuando se detecten anomalías en el suministro, los agregados se acopiarán por separado, hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se aplicará cuando se autorice el cambio de procedencia de un agregado.

450.4.6 Fabricación de la mezcla asfáltica

La carga de las tolvas en frío se realizará de forma que éstas contengan más del cincuenta por ciento (50 %) de su capacidad, pero sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones. La alimentación del agregado fino se realizará en dos (2) tolvas, así éste sea de un tipo único.

Las aberturas de salida de las tolvas en frío se regularán en forma tal, que la mezcla de todos los agregados se ajuste a la fórmula de obra de la

alimentación en frío. El caudal total de esta mezcla en frío se regulará de acuerdo con la producción prevista, debiéndose mantener constante la alimentación del secador.

Los agregados se calentarán antes de su mezcla con el asfalto. El secador se regulará de forma que la combustión sea completa, indicada por la ausencia de humo negro en el escape de la chimenea. Siempre que se presenten signos de avería en el sistema de combustión, si ocurre combustión incompleta o se advierte alguna contaminación por combustible en los agregados o en la mezcla, se detendrá la producción hasta que se identifiquen y corrijan las causas del problema.

Si el polvo mineral recogido en los colectores cumple las condiciones exigidas al llenante y su utilización está prevista, se podrá introducir en la mezcla; en caso contrario, se deberá eliminar. El tiro de aire en el secador se deberá regular de forma adecuada, para que la cantidad y la granulometría del llenante recuperado sean uniformes. La dosificación del llenante de recuperación y/o el de aporte se hará de manera independiente de los agregados y entre sí.

En las plantas de tipo discontinuo, se deberá comprobar que la unidad clasificadora en caliente proporcione a las tolvas en caliente agregados homogéneos; en caso contrario, se tomarán las medidas necesarias para corregir la heterogeneidad.

Los agregados preparados como se ha indicado anteriormente, y eventualmente el llenante mineral seco, se pesarán exactamente y se transportarán al mezclador en las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo. Después de haber introducido en el mezclador los agregados y el llenante, se agregará automáticamente el material bituminoso calculado para cada batchada, el cual se deberá encontrar a la temperatura adecuada, y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

La temperatura del material bituminoso en el instante de la mezcla depende de la relación viscosidad – temperatura, siendo una temperatura conveniente aquella a la cual el ligante presenta una viscosidad entre ciento cincuenta y trescientos centistokes (150–300 cSt), siendo preferible que se encuentre entre ciento cincuenta y ciento noventa centistokes (150–190 cSt).

El volumen de materiales en el mezclador no será tan grande que sobrepase los extremos de las paletas, cuando éstas se encuentren en

posición vertical, siendo recomendable que no supere los dos tercios ($2/3$) de su altura, de forma que se logre una envuelta completa y uniforme para los tiempos de mezclado establecidos en la fórmula de trabajo.

Todos los tamaños del agregado deberán estar uniformemente distribuidos en la mezcla recién elaborada y sus partículas total y homogéneamente cubiertas de ligante. La temperatura de la mezcla recién elaborada no excederá de la fijada durante la definición de la fórmula de trabajo.

En caso de utilizar adiciones al ligante o a la mezcla, se cuidará su correcta dosificación y su distribución homogénea, así como la conservación de sus características iniciales durante el proceso de fabricación.

Se rechazarán todas las mezclas heterogéneas, carbonizadas o sobrecalentadas, las mezclas con espuma, o las que presenten indicios de contaminación o humedad. En este último caso, se retirarán los agregados de las correspondientes tolvas en caliente. También, se rechazarán aquellas mezclas en las que la envuelta no sea perfecta.

Siempre que se emplee un silo para el almacenamiento de la mezcla elaborada, ésta se deberá verter dentro de aquel tomando las precauciones necesarias para que no se ocasione segregación. En el instante de la descarga del silo a las volquetas, se procurará realizarla con la mayor rapidez, con el fin de disminuir la posibilidad de segregación en los platones de las volquetas, ya que de esta manera se reduce la acción de rodamiento de la mezcla cuando fluye hacia ellos. En ese momento se deberá verificar la temperatura, con el fin de impedir el despacho a la obra de mezclas con temperaturas inferiores a las definidas como apropiadas para la extensión y para la compactación durante la fase de experimentación.

450.4.7 Transporte de la mezcla

La mezcla se transportará a la obra en volquetas carpadas, hasta una hora del día en que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar correctamente con luz solar. Sólo se permitirá el trabajo en horas de la noche si, a juicio del Interventor, existe una iluminación artificial que permita la extensión y la compactación de manera adecuada.

Durante el transporte de la mezcla se deberán tomar las precauciones necesarias para que al descargarla en el equipo de transferencia o en la

máquina pavimentadora, su temperatura no sea inferior a la mínima que se determine como aceptable durante la fase de experimentación.

Antes de abordar cualquier vía pavimentada, se deberán limpiar perfectamente las llantas de los vehículos destinados al transporte de la mezcla. Los vehículos de transporte de mezcla deberán mantener al día los permisos de tránsito y ambientales requeridos y sus cargas por eje y totales se deberán encontrar dentro de los límites fijados por la resolución vigente del Ministerio de Transporte.

450.4.8 Transferencia de la mezcla

Si el Constructor dispone de una máquina para la transferencia de la mezcla asfáltica (shuttle buggy), la volqueta descargará la mezcla en la tolva de almacenamiento de la máquina, cuyas bandas transportadoras se encargarán de alimentar la pavimentadora, sin que ésta sea tocada por las llantas de la volqueta, favoreciendo de esta manera la regularidad superficial.

450.4.9 Extensión de la mezcla

La mezcla recibida de la volqueta o de la máquina de transferencia será extendida por la máquina pavimentadora, de modo que se cumplan los alineamientos, anchos y espesores señalados en los planos o determinados por el Interventor.

A menos que el Interventor expida una instrucción en contrario, la extensión se realizará en franjas longitudinales y comenzará a partir del borde de la calzada en las zonas por pavimentar con sección bombeada, o en el lado inferior en las secciones peraltadas. La mezcla se colocará en franjas del ancho apropiado para realizar el menor número de juntas longitudinales y para conseguir la mayor continuidad en las operaciones de extendido, teniendo en cuenta el ancho de la sección, las necesidades del tránsito, las características de la pavimentadora y la producción de la planta.

Siempre que resulte posible, después de haber extendido y compactado una franja, la adyacente deberá ser extendida mientras el borde de la anterior aun se encuentre caliente y en condiciones de ser compactado, con el fin de evitar la ejecución de una junta longitudinal.

La pavimentadora se regulará de manera que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin arrastres ni segregaciones, y con un espesor tal que, luego de compactada, se ajuste a la rasante y a la sección transversal indicada en los planos, con las tolerancias establecidas en la presente especificación. Por ningún motivo se permitirá el empleo de máquinas pavimentadoras que dejen marcas o depresiones en la superficie u otros defectos permanentes en ella.

Tampoco se permitirá la segregación de la mezcla. Si ella ocurre, la extensión de la mezcla deberá ser suspendida inmediatamente, hasta que su causa sea determinada y corregida. Toda área segregada que no sea corregida antes de la compactación, deberá ser removida y reemplazada con material apropiado, a expensas del Constructor.

La extensión de la mezcla se realizará con la mayor continuidad posible, ajustando la velocidad de la pavimentadora a la producción de la planta de fabricación, de manera que aquella sufra el menor número posible de detenciones.

En caso de trabajo intermitente, se comprobará que la temperatura de la mezcla que quede sin extender en la tolva o bajo la pavimentadora no baje de la especificada para el inicio de la compactación; de lo contrario, dicha mezcla se descartará y se deberá ejecutar una junta transversal. Tras la pavimentadora se deberá disponer un número suficiente de obreros especializados, agregando mezcla caliente y enrasándola, según se precise, con el fin de obtener una capa que, una vez compactada, se ajuste enteramente a las condiciones impuestas en esta especificación.

En los sitios en los que a juicio del Interventor no resulte posible el empleo de máquinas pavimentadoras, la mezcla se podrá extender a mano. La mezcla se descargará fuera de la zona que se vaya a pavimentar, y se distribuirá en los lugares correspondientes por medio de palas y rastrillos calientes, en una capa uniforme y de espesor tal que, una vez compactada, se ajuste a los planos o a las instrucciones del Interventor, con las tolerancias establecidas en la presente especificación.

450.4.10 Compactación de la mezcla

La compactación se realizará según el plan aprobado por el Interventor como resultado de la fase de experimentación. Deberá comenzar, una vez extendida la mezcla, a la temperatura más alta posible con que ella pueda

soportar la carga a que se somete, sin que se produzcan agrietamientos o desplazamientos indebidos.

La compactación se realizará longitudinalmente de manera continua y sistemática. Deberá empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas en donde el cilindrado avanzará del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma aprobada por el Interventor, hasta que la superficie total haya sido compactada. Si la extensión de la mezcla se ha realizado por franjas, al compactar una de ellas se ampliará la zona de compactación para que incluya al menos quince centímetros (15 cm) de la anterior.

Los rodillos deberán llevar su rueda motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el Interventor, y sus cambios de dirección se harán sobre la mezcla ya compactada. Los elementos de compactación deberán estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos. No se permitirán, sin embargo, excesos de agua.

Se tendrá cuidado al compactar para no desplazar los bordes de la mezcla extendida; aquellos que formarán los bordes exteriores del pavimento terminado, serán chaflanados ligeramente.

La compactación se deberá realizar de manera continua durante la jornada de trabajo y se complementará con el trabajo manual mínimo necesario para la corrección de todas las irregularidades que se puedan presentar.

La compactación se continuará mientras la mezcla se encuentre en condiciones de ser compactada hasta alcanzar los niveles de densidad prescritos en este Artículo y se concluirá con un apisonado final con un equipo liso que borre las huellas dejadas por los compactadores precedentes.

Se deberá verificar la temperatura de la mezcla al inicio y al final del proceso de compactación.

450.4.11 Juntas de trabajo

Las juntas presentarán la misma textura, densidad y acabado que el resto de la capa compactada.

Las juntas entre pavimentos nuevos y viejos, o entre trabajos realizados en días sucesivos, se deberán cuidar, con el fin de asegurar su perfecta adherencia. A todas las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad, se les aplicará una capa uniforme y ligera de riego de liga antes de colocar la mezcla nueva, dejándola curar suficientemente.

El borde de la capa extendida con anterioridad se cortará verticalmente con el fin de dejar al descubierto una superficie plana y vertical en todo su espesor, que se pintará como se ha indicado en el párrafo anterior. La nueva mezcla se extenderá contra la junta y se compactará y alisará con elementos adecuados, antes de permitir el paso sobre ella del equipo de compactación.

Las juntas transversales en la capa de rodadura se compactarán transversalmente.

Cuando los bordes de las juntas longitudinales sean irregulares, presenten huecos o estén deficientemente compactados, se deberán cortar para dejar al descubierto una superficie lisa vertical en todo el espesor de la capa. Donde el Interventor lo considere necesario, se añadirá mezcla que, después de colocada y compactada con piones, se compactará mecánicamente.

Se procurará que las juntas de capas superpuestas guarden una separación mínima de cinco metros (5 m) en el caso de las transversales y de ciento cincuenta milímetros (150 mm) en el caso de las longitudinales.

La junta longitudinal se deberá calentar luego de la rotura de la emulsión del riego de liga, previamente a la extensión de la siguiente franja contra ella.

450.4.12 Pavimento sobre puentes y viaductos

Las losas de los puentes y los viaductos se pavimentarán con una mezcla en caliente de la calidad exigida para la capa de rodadura, previa la aplicación del riego de liga mencionado en el numeral 450.4.3.

Durante la ejecución del riego de liga y la extensión de la mezcla asfáltica, el Constructor deberá defender con lonas, papel o similares, todas aquellas partes de los puentes y viaductos que puedan ser alcanzadas por el material bituminoso. El Constructor será responsable por cualquier daño que causen las operaciones de sus equipos y, en consecuencia, todos los trabajos de reparación y limpieza correrán por su cuenta.

450.4.13 Bacheos

Cuando se haya efectuado una excavación para la reparación de un pavimento asfáltico convencional (constituido por capas asfálticas densas, base granular y subbase granular), con una profundidad mayor de ciento cincuenta milímetros (150 mm) y se tenga contemplado en el proyecto el empleo de las mezclas asfálticas en caliente del presente Artículo para efectuar parte del relleno de la excavación, los setenta y cinco milímetros (75 mm) superiores, hasta alcanzar el nivel de rasante del pavimento que se repara, se deberán rellenar con una mezcla asfáltica en caliente de uno de los tipos señalados en la Tabla 450 - 7.

Cuando la excavación sea de profundidad menor o igual a ciento cincuenta milímetros (150 mm), se rellenará en su totalidad con mezcla asfáltica en caliente, en capas de espesor compacto de no menos de cincuenta milímetros (50 mm), empleando las mezclas señaladas en la Tabla 450 - 7, según el espesor elegido para la capa compactada. De todas maneras, la capa superior del bacheo no podrá tener un espesor superior a setenta y cinco milímetros (75 mm).

En todos los casos, las capas deberán ser compactadas con equipos adecuados, hasta lograr los niveles de densidad prescritos en este Artículo.

Tanto la superficie que recibirá las capas asfálticas como las paredes de la excavación en contacto con ellas, deberán ser pintadas con un riego de liga con emulsión asfáltica, conforme a las instrucciones del Interventor.

Debido a que algunos pavimentos asfálticos de la red vial nacional tienen estructuras muy gruesas y complejas, por cuanto han sido sometidos durante el tiempo a varias intervenciones de rehabilitación, el tipo y los espesores de las mezclas asfálticas en caliente para las operaciones de bacheo que se realicen en ellos se deberán definir en los documentos del respectivo proyecto o, en su defecto, deberán ser establecidos por el Interventor, de acuerdo con las circunstancias específicas de cada obra.

450.4.14 Apertura al tránsito

Alcanzada la densidad exigida, el tramo pavimentado se podrá abrir al tránsito tan pronto la capa alcance la temperatura ambiente en todo su espesor. Por ningún motivo se permitirá la acción de cualquier tipo de tránsito sobre las capas en ejecución.

450.4.15 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la extensión de ninguna capa de mezcla asfáltica en caliente, mientras no haya sido realizada la nivelación y se haya comprobado y aprobado el grado de compactación de la capa precedente.

Tampoco se permitirán la extensión ni la compactación de la mezcla en momentos de lluvia, ni cuando haya fundado temor de que ella ocurra o cuando la temperatura ambiente a la sombra y la del pavimento sean inferiores a cinco grados Celsius (5° C). Si el espesor de la capa por extender, ya compactada, es menor de cincuenta milímetros (50 mm), dichas temperaturas no podrán ser inferiores a ocho grados Celsius (8° C).

Los trabajos de construcción de la mezcla asfáltica en caliente se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

450.4.16 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

450.4.17 Reparaciones

Todos los defectos no advertidos durante la colocación y compactación, tales como protuberancias, juntas irregulares, depresiones, irregularidades de alineamiento y de nivel, deberán ser corregidos por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor. El Constructor deberá proporcionar trabajadores competentes, capaces de ejecutar a satisfacción el trabajo eventual de correcciones en todas las irregularidades del pavimento construido.

450.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

450.5.1 Controles

Rige lo que resulte aplicable del numeral 400.5.1 del Artículo 400.

450.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

450.5.2.1 Calidad del cemento asfáltico

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para el cemento asfáltico serán los establecidos en los Artículos 410 o 414, según corresponda.

450.5.2.2 Calidad de los agregados pétreos y del llenante mineral

450.5.2.2.1 Aprobación inicial

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deberán realizar los ensayos que se encuentran indicados en la Tabla 450 - 3.

Así mismo, para cada procedencia del llenante mineral y para cualquier volumen previsto, se tomarán dos (2) muestras y sobre ellas se determinará la densidad bulk, según la norma INV E-225.

Los resultados de estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas en numeral 450.2.1, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

450.5.2.2.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, se ordenará acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas, y vigilará la altura de

todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, se efectuarán las verificaciones de calidad indicadas en la Tabla 450 - 12 para los agregados grueso y fino y en la Tabla 450 - 13 para el llenante mineral de aporte.

Tabla 450 - 12. Ensayos de verificación sobre los agregados para mezclas en caliente de gradación continua

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos	E-224	1 por mes
Coeficiente de pulimiento acelerado para rodadura	E-232	Cuando cambie la procedencia de los agregados
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza, agregado grueso (F)		
Impurezas en agregado grueso	E-237	1 por semana
Limpieza, gradación combinada (F)		
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana
Valor de azul de metileno (Nota 1)	E-235	1 por semana
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)		
Índices de alargamiento y aplanamiento	E-230	1 por semana
Partículas planas y alargadas, relación 5:1	E-240	1 por semana
Caras fracturadas	E-227	1 por jornada
Geometría de las partículas, agregado fino (F)		
Angularidad de la fracción fina, método A	E-239	1 por jornada
Adhesividad, gradación (O)		
- Agregado grueso: Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo	E-757	Cuando cambie la procedencia de los agregados
- Agregado fino: adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método Riedel-Weber)	E-739	

Nota 1: En caso de que se requiera, según se indica en el numeral 450.2.1.

Tabla 450 - 13. Ensayos de verificación sobre el llenante mineral de aporte para mezclas en caliente de gradación continua

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Granulometría	E-123	1 por suministro
Densidad bulk	E-225	1 vez a la semana y siempre que cambie la procedencia del llenante

El Interventor podrá autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en las Tablas 450 - 12 y 450 - 13, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En ningún caso se permitirá el empleo de agregados minerales que no satisfagan los requisitos pertinentes del numeral 450.2.1. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado insatisfactorio, se tomarán dos muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos de comprobación deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

450.5.2.3 Composición de la mezcla

A la salida del mezclador o del silo de almacenamiento, sobre cada vehículo de transporte, se controlará el aspecto de la mezcla y se medirá su temperatura. Se rechazarán todas las mezclas segregadas, carbonizadas o sobrecalentadas, así como las mezclas con espuma, aquellas cuya envuelta no sea homogénea y las que presenten indicios de humedad o de contaminación por combustibles. En este último caso y cuando la planta sea del tipo discontinuo, se deberán retirar los agregados de las correspondientes tolvas en caliente.

Cuantitativamente, se realizarán los siguientes controles:

450.5.2.3.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 450.5.2.5.1, se determinará el contenido de asfalto residual (Norma de ensayo INV E- 732).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART%) tendrá una tolerancia de tres por mil (0.3 %), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (ARF%).

$ARF\% - 0.3\% \leq ART\% \leq ARF\% + 0.3\%$	[450.1]
---	---------

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI %), no podrá diferir del valor promedio (ART %) en más de medio por ciento (0.5 %), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$ART\% - 0.5\% \leq ARI\% \leq ART\% + 0.5\%$	[450.2]
---	---------

Un porcentaje de asfalto residual promedio (ART %) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso del ligante, el Constructor demuestre que no habrá problemas de comportamiento de la mezcla ni, en el caso de la capa de rodadura, problemas de inseguridad para los usuarios.

En caso de rechazo, la capa de mezcla en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

450.5.2.3.2 Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados según la norma de ensayo INV E-782. La curva granulométrica de cada ensayo individual deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la Tabla 450 - 6, pero sin permitir que la curva se salga de la franja.

En caso de que los valores obtenidos excedan las tolerancias, pero no salgan de la franja, el Constructor deberá preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje medio de asfalto de la mezcla elaborada con este agregado. Ella se someterá a todas las pruebas de valoración descritas en el numeral 450.4.2. Si los requisitos allí indicados no se cumplen en su totalidad, se rechazará el lote.

En caso de rechazo, la capa de mezcla en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

450.5.2.4 Calidad de la mezcla**450.5.2.4.1 Vacíos con aire de probetas compactadas**

Con un mínimo de dos (2) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, se compactarán probetas (dos por muestra) para verificar en el laboratorio su gravedad específica bulk (normas INV E-733 o INV E-802), y su estabilidad y flujo en el ensayo Marshall (normas INV E-748 o INV E-800, según corresponda). La compactación se hará aplicando en número de

golpes indicado en la Tabla 450 - 10, de acuerdo con el nivel de tránsito de diseño.

Así mismo, sobre una muestra representativa de la mezcla del lote, se determinará la gravedad específica máxima (D_{mm}), mediante las normas de ensayo INV E-735 o INV E-803.

Para cada una de las probetas se calcularán los vacíos con aire mediante la norma de ensayo INV E-736, a partir de su gravedad específica bulk y de la gravedad específica máxima de la muestra representativa del lote. El valor promedio de los vacíos con aire de las cuatro (4) probetas se deberá encontrar en el rango establecido en la Tabla 450 - 10, sin que ningún valor individual se pueda alejar en más de medio por ciento (0.5 %) de los límites del rango.

El incumplimiento de alguna de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las muestras, sin que sea necesario hacer verificaciones de estabilidad y flujo. En este caso, la capa de mezcla en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

Si el requisito de vacíos con aire se cumple, se procederá a determinar la estabilidad y el flujo de las cuatro (4) probetas.

450.5.2.4.2 Estabilidad

La estabilidad media de las cuatro (4) probetas (E_m) deberá ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90 %) de la estabilidad de la mezcla de la fórmula de trabajo (E_t).

$$E_m \geq 0.90 E_t$$

[450.3]

Ningún valor individual (E_i) podrá exceder en más de veinticinco por ciento (25 %) el valor de estabilidad de la fórmula de trabajo (E_t), ni encontrarse por debajo del valor mínimo establecido en la Tabla 450 - 10.

$1.25 E_t \geq E_i \geq$ valor mínimo
Tabla 450 - 10

[450.4]

Además, la estabilidad de cada probeta (E_i) deberá ser igual o superior al ochenta por ciento (80 %) del valor medio de estabilidad (E_m), admitiéndose sólo un valor individual por debajo de ese límite.

$E_i \geq 0.80 E_m$

[450.5]

El incumplimiento de al menos una de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las muestras. En este caso, la capa de mezcla en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

450.5.2.4.3 Flujo

El flujo medio de las probetas sometidas al ensayo de estabilidad (F_m) se deberá encontrar entre el ochenta por ciento (80 %) y el ciento veinte por ciento (120 %) del valor obtenido en la mezcla aprobada como fórmula de trabajo (F_t), pero no se permitirá que su valor se encuentre por fuera de los límites establecidos en la Tabla 450 - 10.

$0.80 F_t \leq F_m \leq 1.20 F_t$

[450.6]

Si el flujo medio se encuentra dentro del rango establecido en la Tabla 450 - 10, pero no satisface la exigencia recién indicada en relación con el valor obtenido al determinar la fórmula de trabajo, el Interventor decidirá, al compararlo con las estabilidades, si el lote debe ser rechazado o aceptado.

450.5.2.4.4 Relación estabilidad / flujo

Se calculará esta relación para las cuatro (4) probetas elaboradas para el control de estabilidad y flujo en cada lote.

Los valores obtenidos se deberán encontrar dentro de los límites establecidos en la Tabla 450 - 10, según el tránsito de diseño de la vía para la cual se está elaborando la mezcla. Si al menos uno de los valores calculados queda por fuera de dichos límites, se rechazará el lote, así los valores individuales de estabilidad y de flujo sean satisfactorios.

En caso de rechazo, la capa de mezcla en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

450.5.2.4.5 Susceptibilidad a la humedad

Cada vez que el Interventor lo considere conveniente, de acuerdo con el aspecto y comportamiento de la mezcla colocada, se verificará en el laboratorio la susceptibilidad de la mezcla compactada a la acción del agua, empleando el ensayo de tracción indirecta descrito en la norma de ensayo INV E-725.

Al efecto, se moldearán seis (6) probetas con la mezcla que se está elaborando, tres (3) de las cuales se curarán en seco y tres (3) bajo condición húmeda,

determinándose la resistencia promedio de cada grupo como lo establece la norma. La resistencia del grupo curado en húmedo deberá ser, cuando menos, ochenta por ciento (80 %) de la resistencia del grupo curado en seco, para que se considere que la mezcla es resistente a la humedad.

El incumplimiento de este requisito implicará la realización del ensayo sobre núcleos tomados de los diferentes lotes cuya mezcla considere el Interventor que puede presentar este problema (seis núcleos por lote, tres curados en seco y tres bajo condición húmeda). Los lotes de material que no cumplan con el requisito serán rechazados. Además, los trabajos se deberán suspender hasta que se estudien e implementen las medidas que garanticen el cumplimiento de este requisito, las cuales pueden comprender desde la incorporación de un aditivo hasta la definición de una nueva fórmula de trabajo y un nuevo diseño de la mezcla.

450.5.2.4.6 Contenido de agua

Siempre que la apariencia de la mezcla indique la posible presencia de agua en ella, se determinará el contenido de agua en la mezcla asfáltica, según las normas de ensayo INV E-755 o INV E-783.

El contenido de agua en cualquier mezcla asfáltica en caliente no podrá ser mayor de medio por ciento (0.5 %). Los volúmenes de mezcla que no cumplan con este requisito serán rechazados.

450.5.2.4.7 Módulo resiliente

Sobre las mezclas asfálticas de alto módulo se deberá determinar el módulo resiliente, según la norma de ensayo INV E-749. La prueba deberá ser realizada por duplicado, sobre probetas tipo Marshall, compactadas con 75 golpes por cara, a la temperatura y frecuencia indicadas en el numeral

450.4.2.2.2.3. El valor promedio obtenido deberá ser, como mínimo, 10,000 MPa.

Alternativamente, el módulo podrá ser medido mediante alguno de los procedimientos de ensayo definidos en la norma europea EN-12697-26, conservando las condiciones de elaboración de probetas, la frecuencia y la temperatura de ensayo; el valor de módulo obtenido deberá ser equivalente al de diez mil megapascuales (10,000 MPa), definido para la norma INV E-749. En este caso, se deberán utilizar ecuaciones de equivalencia debidamente comprobadas entre los resultados de los ensayos.

Este control se realizará a razón de un juego de ensayos por (i) cada quinientos metros cúbicos (500 m³) de mezcla compactada o por (ii) el volumen total compactado, si la obra contempla la construcción de un volumen total inferior a dicha cantidad.

En el caso de estas verificaciones, el Interventor deberá conservar suficientes probetas adicionales para ulteriores ensayos de contraste, los cuales se realizarán en caso de que los resultados de las pruebas iniciales indiquen que no se cumple el valor mínimo de diez mil megapascuales (10,000 MPa), bajo las condiciones de ensayo recién descritas.

Los ensayos de contraste se realizarán sobre un número de probetas no inferior al doble de las utilizadas para la primera verificación y el valor promedio del módulo resiliente de ellas deberá ser mayor de diez mil megapascuales (10,000 MPa). Si este valor mínimo no se cumple, el volumen de mezcla objeto del control será rechazado y el Constructor deberá fresarlo y retirarlo, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, y reemplazarlo por otro de calidad satisfactoria. El material fresado será propiedad del Constructor.

Si las especificaciones particulares establecen requisitos sobre módulos resilientes para otras mezclas del proyecto, se deberá seguir un proceso de verificación similar al mencionado para las mezclas de alto módulo.

450.5.2.5 Calidad del producto terminado

450.5.2.5.1 Tamaño del lote

Se considerará como “lote” que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios, para una sola capa de mezcla asfáltica en caliente:

- Quinientos metros lineales (500 m) de mezcla en caliente colocada en todo el ancho de la calzada;
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de mezcla en caliente colocada;
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

Específicamente para la determinación del Índice Internacional de Rugosidad (IRI), la definición de “lote” será como se indica en el numeral 450.5.2.5.9.

450.5.2.5.2 Aspectos generales

La capa terminada de mezcla asfáltica en caliente deberá presentar una superficie uniforme y se deberá ajustar a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se esté construyendo, excluyendo sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Interventor.

La cota de cualquier punto de la mezcla asfáltica compactada en capas de base, no deberá variar en más de quince milímetros (15 mm) de la proyectada y la variación no podrá exceder de diez milímetros

(10 mm) cuando se trate de capas intermedia y de rodadura.

Todas las áreas donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, así como aquellas en que se presente retención de agua en la superficie, deberán ser corregidas por el Constructor de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Además, se deberán realizar las siguientes verificaciones:

450.5.2.5.3 Compactación

La determinación de la densidad de la capa compactada se realizará, como mínimo, en cinco (5) sitios por lote. Los sitios para la toma de muestras o las mediciones in situ se elegirán al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

Para el control de la compactación de una capa mezcla en caliente de gradación continua, se deberá calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y de los ensayos de gravedad específica máxima (D_{mm}) de laboratorio, mediante la siguiente expresión:

$$GC_i = \frac{D_i}{G_{mm} \times \gamma_w} \times 100 \quad [450.7]$$

Siendo:

GC_i : Valor individual del grado de compactación, en porcentaje;

D_i : Valor individual de la densidad en el terreno, determinado por alguno de los métodos

descritos en las normas INV E-733, E-734, E-746, E-787 o E-802;

G_{mm} : Valor de la gravedad específica máxima de la mezcla, determinada mediante las normas de ensayo INV E-735 o INV E-803 sobre una muestra representativa del lote, según el numeral 450.5.2.4.1;

γ_w : Densidad del agua a 25° C (77° F), expresada en las mismas unidades que D_i (997.0 kg/m³ o 0.997 g/cm³).

Para el control de la compactación se aplicarán los siguientes criterios:

$GC_i(90) \geq GC_{mín}$	se acepta el lote	[450.8]
$GC_i(90) < GC_{mín}$	se rechaza el lote	[450.9]

Siendo:

$GC_i(90)$: Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90 %, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del Artículo 107, "Control y aceptación de los trabajos", a partir de los valores individuales del grado de compactación GC_i .

$GC_{mín}$: Grado de compactación mínimo, en porcentaje, según la Tabla 450 - 14.

Para los fines de determinar la conformidad con los valores indicados en la Tabla 450 - 14, el valor calculado del grado de compactación, expresado en porcentaje, se deberá redondear al primer decimal,

en acuerdo con el método del redondeo de la norma INV E-823.

La toma de muestras testigo se hará de acuerdo con la norma INV E-758.

Sólo se aceptará la determinación de la densidad de la capa compactada por medio de densímetros nucleares (norma de ensayo INV E-746) si se garantiza, sin lugar a ninguna duda, que la medición del aparato abarca, única y exclusivamente, el espesor total de la capa que se está verificando.

Tabla 450 - 14. Grado de compactación mínimo $GC_{\min}$

TIPO DE CAPA	GRADO DE COMPACTACIÓN MÍNIMO $GC_{\min}$, %		
	NIVEL DE TRÁNSITO		
	NT1	NT2	NT3
Rodadura	94.0	94.0	93.0
Intermedia	92.0	92.0	92.0
Base	-	91.0	91.0
Alto módulo	-	-	93.0

En caso de rechazo, la capa de mezcla densa en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

450.5.2.5.4 Espesor

Sobre la base del lote escogido para el control de la compactación y en los mismos puntos de verificación, se determinará el espesor promedio de la capa compactada (e_m), el cual no podrá ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d$$

[450.10]

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño, admitiéndose un (1) solo valor por debajo de dicho límite, siempre que este último valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.90 e_d$$

[450.11]

Si alguno de estos requisitos se incumple, se procederá como se indica a continuación. Todas las labores de corrección las deberá ejecutar el Constructor sin cargo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

450.5.2.5.4.1 Para capas de rodadura

El Constructor procederá a fresar y remover la capa y reponerla en el espesor adecuado o, alternativamente y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, a la colocación de una capa adicional del mismo tipo de mezcla de cincuenta milímetros (50 mm) de espesor compacto, cumpliendo todos los requisitos de calidad de esta especificación. El riego de liga que se deba colocar para adherir las capas deberá ejecutarlo en acuerdo con el Artículo 421.

Si la capa adicional no cumple alguno de los requisitos de este Artículo, deberá ser fresada y repuesta con una nueva de calidad satisfactoria, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

450.5.2.5.4.2 Para capas intermedias

Si el espesor promedio del lote es inferior al noventa por ciento del espesor de diseño

($em < 0.90$ ed), la capa que constituye el lote se rechazará y deberá ser levantada mediante fresado y repuesta en el espesor adecuado, a satisfacción del Interventor, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

Si el espesor promedio del lote es igual o mayor al noventa por ciento del espesor de diseño ($em \geq 0.90$ ed) y no existen deficiencias de lisura en la capa terminada, se autorizará compensar la deficiencia de espesor con el espesor adicional correspondiente en la capa de rodadura, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Si la deficiencia ocurre en una capa elaborada con una mezcla de alto módulo, la compensación a que se hace referencia en el párrafo anterior no se realizará en un espesor igual al de la misma, sino el que resulte al verificar el dimensionamiento de la estructura, con el mismo método empleado en el diseño original. Si el Constructor no acoge por escrito estas determinaciones, la capa que constituye el lote se rechazará y deberá ser levantada mediante fresado y repuesta en el espesor adecuado, a satisfacción del Interventor, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

450.5.2.5.4.3 Para capas de base

Si el espesor promedio del lote es inferior al ochenta por ciento del espesor de diseño ($em < 0.80$ ed), la capa que constituye el lote se rechazará y deberá ser levantada mediante fresado y repuesta en el espesor adecuado, a satisfacción del Interventor, sin

costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

Si el espesor promedio del lote es igual o mayor al ochenta por ciento del espesor de diseño ($em \geq 0.80 ed$) y no existen deficiencias de lisura en la capa terminada, se autorizará compensar la deficiencia de espesor con el espesor adicional correspondiente en la capa superior, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Si la deficiencia ocurre en una capa de base elaborada con una mezcla de alto módulo y la capa intermedia no debe ser elaborada con una mezcla de alto módulo, la compensación a que se hace referencia en el párrafo anterior no se realizará en un espesor igual al de la misma, sino el que resulte al verificar el dimensionamiento de la estructura, con el mismo método empleado en el diseño original. Si el Constructor no acoge por escrito estas determinaciones, la capa que constituye el lote se rechazará y deberá ser levantada mediante fresado y repuesta en el espesor adecuado, a satisfacción del Interventor, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

En todos los casos en que la mezcla deba ser fresada y repuesta por presentar deficiencias en relación con el espesor, el material fresado será de propiedad del Constructor.

450.5.2.5.5 Segregación térmica

El Constructor deberá entregar al Interventor un registro fotográfico, tomado con cámara infrarroja, de las temperaturas de extensión y compactación de

toda la mezcla colocada, debidamente referenciado (norma INV E-788). Estos registros deben ser entregados a la Interventoría a más tardar una semana después de la pavimentación del sector fotografiado y antes de la toma de núcleos para verificar la densidad.

Estas fotografías tendrán dos usos:

- Durante la construcción, el Interventor puede ordenar la toma de núcleos en los sitios donde las imágenes muestren la presencia de sitios de menor temperatura, para verificar el porcentaje de vacíos de la mezcla colocada;
- Al final de la obra, las imágenes serán incluidas en el Informe Final de Interventoría y servirán al Instituto Nacional de Vías como antecedente técnico si se presentan deterioros del pavimento durante el periodo de garantía, como consecuencia de la segregación térmica durante la construcción de las capas asfálticas.

450.5.2.5.6 Planicidad

La superficie acabada no podrá presentar zonas de acumulación de agua, ni irregularidades mayores de diez milímetros (10 mm) en capas de rodadura o quince milímetros (15 mm) en capas de base o intermedias y bacheos, cuando se compruebe con una regla de tres metros (3m), según la norma de ensayo INV E-793; la regla se colocará tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja al azar el Interventor, los cuales no podrán estar afectados por cambios de pendiente. Las zonas que presenten deficiencias de este tipo deberán ser fresadas y repuestas por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, y a plena satisfacción del Interventor. El material fresado será de propiedad del Constructor.

450.5.2.5.7 Textura

Las medidas de textura se realizarán a los pocos días de terminada la capa, empleando el método descrito en la norma de ensayo INV E-791.

El número mínimo de puntos a controlar por lote será de tres (3), que se ampliarán a cinco (5) si la textura obtenida en uno de los tres (3) primeros es inferior a la especificada. Dichos puntos se elegirán al azar, de acuerdo con la norma INV E-730.

La profundidad media de textura del lote no podrá ser menor al mínimo admisible que se defina en los documentos del proyecto, el cual no podrá ser inferior a 0.35. Ningún valor individual podrá ser inferior en más de veinte por ciento (20 %) al promedio mínimo exigido y no podrán existir áreas con evidencias indudables de segregación.

Si este requisito no se cumple, la capa de rodadura correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, quedando el material fresado de propiedad del Constructor. Alternativamente y a opción del Constructor, y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, éste podrá colocar una capa adicional de una mezcla del mismo tipo con el correspondiente riego de liga, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, del mismo espesor compacto que la anterior, cumpliendo todos los requisitos de calidad de esta especificación.

450.5.2.5.8 Resistencia al deslizamiento

Una vez transcurridos, como mínimo, treinta (30) días de la puesta en servicio, se harán las determinaciones de la resistencia al deslizamiento sobre mezclas densas en caliente construidas para servir como capas de rodadura.

Debido a que la resistencia al deslizamiento se encuentra relacionada directamente con la seguridad de los usuarios, los puntos para su determinación en cada lote no se elegirán al azar, sino que serán ubicados por el Interventor en los lugares que considere más sensibles al deslizamiento vehicular en condición de superficie húmeda.

Las medidas se realizarán con el péndulo británico, en acuerdo con la norma de ensayo INV E-792, en tres (3) puntos por lote en zonas en tangente y en uno (1) por cada curva horizontal y por cada zona singular (glorieta, intersección, zona de frenado, etc.) incluida dentro del lote y ninguna de ellas podrá presentar un valor inferior al límite indicado en la Tabla 450 - 15, de acuerdo con el tránsito de diseño y el tipo de sección.

En caso de que se presenten valores menores, el Interventor realizará medidas adicionales para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual deberá ser corregida por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. Para ello, la capa de mezcla densa en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, quedando el material fresado de propiedad del Constructor. Alternativamente y a opción del Constructor, y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, éste podrá colocar una capa adicional de una mezcla del mismo tipo, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de cincuenta milímetros (50 mm) de espesor compacto, cumpliendo todos los requisitos de calidad de esta especificación. El riego de liga que se deba colocar para adherir las capas deberá ejecutarlo en acuerdo al Artículo 421, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

La resistencia al deslizamiento se puede verificar también con dispositivos de rueda parcialmente bloqueada (norma de ensayo INV E-815). En tal caso, la especificación particular indicará el equipo autorizado, así como los valores mínimos por alcanzar, los cuales deberán ser, cuando menos, equivalentes a los señalados en la Tabla 450 - 15 para el péndulo británico.

Tabla 450 - 15. Valores mínimos admisibles del coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo británico

TIPO DE CAPA	COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO, MÍNIMO		
	NT1	NT2	NT3
Glorietas; curvas con radios menores de 200 metros; pendientes $\geq 5\%$ en longitudes de 100 metros o más; intersecciones; zonas de frenado frecuente.	0.50	0.55	0.60
Otras secciones	0.45	0.50	0.50

450.5.2.5.9 Regularidad superficial

El Índice Internacional de Rugosidad (IRI) se comprobará de manera continua en toda la longitud de la obra y en cada carril, antes del recibo definitivo de la misma. Para los efectos de aceptación del pavimento terminado, este Artículo establece que la determinación del IRI se deberá realizar, únicamente, con procedimientos de medida de precisión o con equipos de referencia inercial.

Las medidas de precisión se podrán adelantar con mira y nivel, de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma de ensayo INV E-794 o con un perfilómetro pivotante de alta precisión, norma de ensayo INV E-814.

Si se opta por el equipo de referencia inercial, éste se deberá validar previamente con uno de precisión en un tramo de prueba de longitud no menor de doscientos metros (200 m). El equipo de referencia inercial se deberá operar de acuerdo con la norma ASTM E 950.

Para efectos de la evaluación con fines de recibo, las medidas se harán en cada uno de los carriles del pavimento construido y los valores del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) se presentarán en m/km, en tramos consecutivos de cien metros (100 m) por carril, con la excepción que se cita en el párrafo siguiente. Un conjunto de cinco (5) tramos constituirá un lote.

No habrá exigencia sobre el cumplimiento de regularidad superficial en tramos que incluyan singularidades, entendiendo por tales todas aquellas alteraciones del perfil longitudinal de la carretera que incrementen el IRI y no provengan de deficiencias constructivas, como pueden ser intersecciones con otras vías, puentes, pozos de inspección, reductores de velocidad, etc., los cuales será definidos por el Interventor, con su ubicación respectiva (carril y abscisa), antes de proceder a la determinación del índice internacional de rugosidad (IRI).

Se entenderá que la superficie del pavimento tiene una regularidad superficial aceptable, si a lo largo de la longitud evaluada en cada carril se satisfacen los valores indicados en la Tabla 450 - 16.

Si la proporción de hectómetros donde los resultados de la regularidad superficial (IRI) exceden los límites especificados no es superior a veinte por ciento (20 %) del total del lote, el Interventor delimitará los sectores relevantes en el incumplimiento y ordenará su corrección mediante fresado y la colocación de una nueva capa de mezcla asfáltica. Los espesores por fresar y reponer en cada

tramo serán establecidos por el Interventor y todos los costos que impliquen estas correcciones, deberán ser asumidos por el Constructor. El material fresado será de propiedad del Constructor.

Si la proporción de hectómetros donde los resultados de IRI exceden los límites especificados es mayor a veinte por ciento (20 %) del total del lote, toda la longitud de éste deberá ser fresada y repuesta en el mismo espesor. El fresado, traslado y disposición del material demolido y la reconstrucción de la capa, con la calidad exigida por el presente Artículo, serán de cargo del Constructor. El material demolido será de propiedad del Constructor. Éste, a su vez, no podrá invocar las reparaciones o reconstrucciones debidas a deficiencias en la regularidad superficial, como causal para incumplir el programa de trabajo.

Tabla 450 - 16. Valores máximos admisibles de IRI (m/km)

PORCENTAJE DE HECTÓMETROS	PAVIMENTOS DE CONSTRUCCIÓN NUEVA Y REHABILITADOS EN ESPESOR > 10 cm			PAVIMENTOS REHABILITADOS EN ESPESOR ≤ 10 cm		
	NT1	NT2	NT3	NT1	NT2	NT3
40	2.4	1.9	1.4	2.9	2.4	1.9
80	3.0	2.5	2.0	3.5	3.0	2.5
100	3.5	3.0	2.5	4.0	3.5	3.0

450.5.2.5.10 Construcción de capas de renivelación

Las mezclas para la construcción de capas de renivelación de un pavimento existente, deberá cumplir los mismos requisitos que se exigen cuando se coloca como capa de base, si su espesor compacto es mayor o igual a setenta y cinco milímetros (75 mm). En caso contrario, deberá cumplir los requisitos exigidos a la capa intermedia.

450.5.2.5.11 Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al Constructor

Cuando sea necesario efectuar correcciones a las capas asfálticas por modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al Constructor, el Interventor delimitará el área afectada y ordenará las correcciones necesarias, por cuyo trabajo autorizará el pago al Constructor, al respectivo precio unitario del contrato.

450.5.2.5.12 Medidas de deflexión

El Interventor verificará la solidez de la estructura construida realizando medidas de deflexión con la viga Benkelman, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-795. Los resultados de las medidas, que se realizarán en tresbolillo cada 20 metros, no constituirán base para aceptación o rechazo de la capa construida, sino que servirán al Instituto Nacional de Vías para verificar la homogeneidad de la estructura que se construye y realizar los ajustes que pudieran resultar necesarios al diseño estructural del pavimento.

450.6 MEDIDA

Rige lo descrito en el Artículo 400 y, en particular, en el numeral 400.6.2. Para bacheos, se aplicará lo especificado en el numeral 400.6.3 del mismo Artículo.

450.7 FORMA DE PAGO

Rige lo descrito en el numeral 400 y en particular en el 400.7.3 del Artículo 400.

450.8 ÍTEM DE PAGO

450.1 Mezcla densa en caliente tipo MDC-25

Metro cúbico (m³)

450.2	Mezcla densa en caliente tipo MDC-19	Metro cúbico (m ³)
450.3	Mezcla densa en caliente tipo MDC-10	Metro cúbico (m ³)
450.4	Mezcla semidensa en caliente tipo MSC-25	Metro cúbico (m ³)
450.5	Mezcla semidensa en caliente tipo MSC-19	Metro cúbico (m ³)
450.6	Mezcla gruesa en caliente tipo MGC-38	Metro cúbico (m ³)
450.7	Mezcla gruesa en caliente tipo MGC-25	Metro cúbico (m ³)
450.8	Mezcla de alto módulo MAM-25	Metro cúbico (m ³)
450.10	Mezcla en caliente para bacheo MSC-25	Metro cúbico (m ³)
450.11	Mezcla en caliente para bacheo MGC-25	Metro cúbico (m ³)
450.12	Mezcla en caliente para bacheo MGC-38	Metro cúbico (m ³)

Nota: Se deberá elaborar un ítem de pago diferente, para cada tipo de mezcla y capa que forme parte del contrato. Ellos se identificarán agregando cifras al esquema numerado del ítem. Por ejemplo, si el contrato considera dos mezclas del tipo MDC-25, una para capa de rodadura y otra para capa intermedia, se podrán identificar así:

450.1.1 Mezcla densa en caliente tipo MDC-25 para capa de rodadura.

450.1.2 Mezcla densa en caliente tipo MDC-25 para capa intermedia.

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

MEZCLA ABIERTA EN CALIENTE

ARTÍCULO 451 – 13

451.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la elaboración, transporte, colocación y compactación de una capa de mezcla asfáltica de tipo abierto, preparada y colocada en caliente, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos o establecidos por el Interventor.

451.2 MATERIALES

451.2.1 Agregados pétreos

Los agregados pétreos deberán satisfacer los requisitos del Artículo 400, numeral 400.2.1. Además, deberán cumplir con los requisitos de calidad mencionados en la Tabla 451 - 1.

Tabla 451 - 1. Requisitos de los agregados para mezcla abierta en caliente

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO		
		NT1	NT2	NT3
Dureza, agregado grueso (O)				
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%)	E-218	35	35	35
- 500 revoluciones		7	7	7
- 100 revoluciones				
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238		30	25
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos	E-224			90
- Valor en seco, mínimo (kN)				75
- Relación húmedo/seco, mínimo (%)				
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio del agregado grueso, máximo (%)	E-220	18	18	18
Limpieza, agregado grueso (F)				
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	E-237	0.5	0.5	0.5
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)				
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%)	E-240	10	10	10
Caras fracturadas, mínimo (%): una cara / dos caras	E-227	60/-	75 / -	75 / -
Adhesividad (O)				
- Agregado grueso: Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo, mínimo (%)	E-757	Reportar		

El conjunto de agregado grueso y agregado fino se deberá ajustar a alguna de las gradaciones indicadas en la Tabla 451 - 2.

Tabla 451 - 2. Franjas granulométricas para la mezcla abierta en caliente

TIPO DE MEZCLA	TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
	75	63	50	37.5	19.0	9.5	4.75	2.26	0.150
	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	3/4"	3/8"	No. 4	No. 8	No. 100
	% PASA								
MAC-75	100	95-100	-	30-70	3-20	0-5	-	-	-
MAC-63	-	100	-	35-70	5-20	-	-	0-5	-
MAC-50	-	-	100	75-90	50-70	-	8-20	-	0-5
TOLERANCIAS EN PRODUCCIÓN SOBRE LA FÓRMULA DE TRABAJO (±)	5 %						3 %		

Salvo que los estudios del proyecto indiquen lo contrario, se empleará la gradación tipo MAC-50.

451.2.2 Material bituminoso

Será cemento asfáltico del tipo especificado en los documentos del proyecto; si estos no lo especifican, será cemento asfáltico de penetración 60-70, que cumpla los requisitos indicados en el Artículo 410.

451.2.3 Aditivos mejoradores de adherencia entre los agregados y el asfalto

Cuando se requieran, deberán cumplir con los requisitos del Artículo 412. La dosificación y la dispersión homogénea del aditivo deberán tener la aprobación del Interventor.

El Constructor deberá garantizar que su incorporación no producirá ningún efecto nocivo a los agregados, al ligante asfáltico o a la mezcla. Cualquier efecto adverso en el comportamiento del pavimento, que se derive del empleo del aditivo, será de responsabilidad exclusiva del Constructor, quien deberá efectuar todas las reparaciones que requiera la mezcla compactada, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a satisfacción de éste.

451.3 EQUIPO

Al respecto, se considerará lo que resulte aplicable de lo indicado en el numeral 400.3 del Artículo 400. En relación con el detalle del equipo necesario para la ejecución de los trabajos, se tendrá en cuenta lo que se indica a continuación:

- La extensión de la mezcla se puede efectuar también con motoniveladora, si así lo aprueba el Interventor.
- El equipo de compactación consistirá tan sólo de rodillos metálicos lisos, preferiblemente entre ocho y diez toneladas (8 t - 10 t) de peso.

451.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

451.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el Artículo 105, “Desarrollo y control de los trabajos”, numeral 105.13.3.

451.4.2 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

Rige todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.2 del Artículo 400.

Considerando que no existen métodos idóneos para el diseño de estas mezclas, se elegirá un porcentaje preliminar de asfalto con respecto a la masa de la mezcla, el cual se ajustará como resultado de las pruebas que se realicen durante la fase de experimentación. Dicho porcentaje suele oscilar entre uno y medio por ciento (1.5 %) y tres por ciento (3.0 %).

451.4.3 Preparación de la superficie existente

Antes de extender la mezcla, se limpiará y acondicionará debidamente la superficie que la va a recibir, con el fin de que no presente polvo u otros elementos extraños, ni queden fragmentos sueltos del pavimento sobre el cual se colocará la mezcla.

También, se deberán efectuar los bacheos y nivelaciones que, a juicio del Interventor, se requieran para mejorar la estructura y el perfil del pavimento existente.

Si la extensión de la mezcla requiere un riego de liga previo, éste se realizará conforme lo establece el Artículo 421 de estas especificaciones,

con una emulsión asfáltica de los tipos CRR-1 o CRR-2 que cumpla los requisitos indicados del Artículo 411.

Antes de extender la mezcla, se verificará que haya ocurrido el curado del riego de liga. Si hubiera transcurrido mucho tiempo desde la aplicación de éste, se comprobará que su capacidad de liga con la mezcla no se haya mermado en forma perjudicial; si ello ha sucedido, el Constructor deberá efectuar un riego de liga adicional, en la cuantía que fije el Interventor. Si la pérdida de efectividad del riego previo es imputable al Constructor, el nuevo riego deberá realizarlo sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

En el momento de la extensión de la mezcla, la superficie deberá estar seca.

451.4.4 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 400.4.3 del Artículo 400.

451.4.5 Aprovechamiento de los agregados

Aplicará lo descrito en el numeral 450.4.5 del Artículo 450.

451.4.6 Fabricación de la mezcla asfáltica

La carga de las tolvas en frío se realizará de forma que éstas contengan entre el cincuenta por ciento (50 %) y el cien por ciento (100 %) de su capacidad, sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones.

Las aberturas de salida de las tolvas en frío se regularán en forma tal, que la mezcla de todos los agregados se ajuste a la fórmula de trabajo de la alimentación en frío. El caudal total de esta mezcla en frío se regulará de acuerdo con la producción prevista, debiéndose mantener constante la alimentación del secador.

Los agregados se calentarán antes de su mezcla con el asfalto. El secador se regulará de forma que la combustión sea completa, indicada por la ausencia de humo negro en el escape de la chimenea. Siempre que se presenten síntomas de avería en el sistema de combustión; si la combustión es incompleta o si se advierte alguna contaminación por

combustible en los agregados pétreos o en la mezcla, se detendrá la producción hasta que se identifiquen y corrijan las causas del problema. En las plantas de tipo discontinuo, se deberá comprobar que la unidad clasificadora en caliente proporcione a las tolvas en caliente agregados homogéneos; en caso contrario, se tomarán las medidas necesarias para corregir la heterogeneidad.

Los agregados preparados como se ha indicado anteriormente se pesarán o medirán exactamente y se transportarán al mezclador en las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo.

Después de haber introducido en el mezclador los agregados, se agregará automáticamente el material bituminoso calculado para cada batchada, el cual se deberá encontrar a la temperatura adecuada, y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

La temperatura de elaboración de la mezcla se definirá durante la fase de experimentación y suele variar entre ciento diez y ciento veinte grados Celsius (110°C – 120°C). El tiempo de mezcla no deberá exceder de treinta (30) segundos.

En ningún caso se introducirá en el mezclador el agregado caliente a una temperatura superior en más de quince grados Celsius (15°C) a la temperatura del asfalto.

En el momento de la mezcla, la temperatura del asfalto deberá ser tal, que se consiga la envuelta satisfactoria de los agregados, sin que se produzcan escurrimientos del ligante. El volumen de materiales en el mezclador no será tan grande que sobrepase los extremos de las paletas, cuando éstas se encuentren en posición vertical, siendo recomendable que no superen los dos tercios ($2/3$) de su altura. Todos los tamaños del agregado deberán estar uniformemente distribuidos en la mezcla y sus partículas deberán quedar cubiertas de ligante de manera satisfactoria, a juicio del Interventor. La temperatura de la mezcla recién elaborada no excederá de la fijada durante la definición de la fórmula de trabajo.

En caso de utilizar adiciones al ligante o a la mezcla, se cuidará su correcta dosificación y su distribución homogénea, así como la conservación de sus características iniciales durante el proceso de fabricación.

Se rechazarán todas las mezclas heterogéneas, carbonizadas o sobrecalentadas, las mezclas con espuma, o las que presenten indicios de

contaminación o de humedad. En este último caso, se retirarán los agregados de las correspondientes tolvas en caliente de las plantas de tipo discontinuo. También, se rechazarán aquellas mezclas en las que, a juicio del Interventor, la envuelta no sea satisfactoria.

451.4.7 Transporte de la mezcla

Rige lo descrito en el numeral 450.4.7 del Artículo 450.

451.4.8 Transferencia de la mezcla

Rige lo descrito en el numeral 450.4.8 del Artículo 450.

451.4.9 Extensión de la mezcla

Rige, en general, lo descrito en el numeral 450.4.9 del Artículo 450; en este caso no se requieren obreros que agreguen y enrasen la mezcla tras la pavimentadora.

Se permitirá la extensión de la mezcla con motoniveladora, en las circunstancias en que el Interventor considere aconsejable el empleo de este procedimiento

451.4.10 Compactación de la mezcla

La compactación deberá comenzar, una vez extendida la mezcla, empleando rodillos metálicos lisos estáticos que no produzcan fracturación de las partículas del agregado pétreo. El número de pasadas deberá ser el establecido durante la fase de experimentación y será lo suficientemente bajo para prevenir sobrecompactaciones que reduzcan el volumen de aire en la mezcla.

La compactación deberá comenzar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas en donde el cilindrado avanzará del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma fijada por el Interventor, hasta que la superficie total haya sido compactada. Los rodillos deberán llevar su llanta motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el Interventor, y sus cambios de dirección se harán sobre la mezcla ya compactada.

A causa de la aspereza de la mezcla, se deberán evitar al máximo las correcciones mediante procedimientos manuales

451.4.11 Juntas de trabajo

Rige lo descrito en el numeral 450.4.11 del Artículo 450.

451.4.12 Bacheos

La mezcla abierta en caliente podrá ser utilizada en el relleno de excavaciones, únicamente para la reparación de pavimentos existentes que contengan capas inferiores asfálticas agrietadas y éstas vayan a constituir el fondo de la excavación.

El espesor que se podrá rellenar con mezcla abierta en caliente será el indicado en los documentos del proyecto o el establecido por el Interventor, de acuerdo con las circunstancias de la obra.

451.4.13 Apertura al tránsito

Debido a su bajo contenido de asfalto y a la posibilidad de desintegración bajo la acción de las cargas del tránsito, no se permitirá que la mezcla compactada sea sometida a la circulación de vehículos.

El Constructor deberá tomar las disposiciones necesarias para que se cumpla esta instrucción y organizará su plan de trabajo de manera que la capa superior, de gradación densa, semidensa o gruesa, según lo establezca el proyecto, se construya a la mayor brevedad.

451.4.14 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la extensión y compactación de mezclas abiertas en caliente cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie del pavimento sean inferiores a cinco grados Celsius (5º C) o haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra.

Los trabajos de construcción de la mezcla abierta en caliente se deberán efectuar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

451.4.15 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

451.4.16 Reparaciones

Todos los defectos no advertidos durante la colocación y compactación, tales como protuberancias, juntas irregulares, depresiones, irregularidades de alineamiento y de nivel, deberán ser corregidos por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor. El Constructor deberá proporcionar trabajadores competentes, capaces de ejecutar a satisfacción el trabajo eventual de correcciones en todas las irregularidades del pavimento construido.

451.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

451.5.1 Controles

Rige lo que resulte aplicable del numeral 400.5.1 del Artículo 400.

451.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**451.5.2.1 Calidad del ligante asfáltico**

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para el cemento asfáltico serán los establecidos en el Artículo 410.

451.5.2.2 Calidad de los agregados pétreos**451.5.2.2.1 Aprobación inicial**

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deberán realizar los ensayos indicados en la Tabla 451 - 1.

Los resultados de estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas en 451.2.01.A, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

451.5.2.2.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, se ordenará acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas, y plasticidad, y vigilará la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, se efectuarán las verificaciones de calidad indicadas en la Tabla 451 - 3.

Tabla 451 - 3. Ensayos de verificación sobre los agregados para mezcla abierta en caliente

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos	E-224	1 por mes
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza, agregado grueso (F)		
Impurezas en agregado grueso	E-237	1 por semana
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)		
Partículas planas y alargadas, relación 5:1	E-240	1 por semana
Caras fracturadas	E-227	1 por jornada
Adhesividad (O)		
Agregado grueso: Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo	E-757	Cuando cambie la procedencia de los agregados

El Interventor podrá autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado

en la Tabla 451 - 3, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En ningún caso se permitirá el empleo de agregados minerales que no satisfagan los requisitos del numeral 451.2.1 del presente Artículo. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado insatisfactorio, se tomarán dos muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos de comprobación deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

451.5.2.3 Composición de la mezcla

A la salida del mezclador o del silo de almacenamiento, sobre cada vehículo de transporte, el Interventor controlará el aspecto de la mezcla y medirá su temperatura. Rechazará todas las mezclas segregadas, carbonizadas o sobrecalentadas, así como las mezclas con espuma, aquellas cuya envuelta no sea homogénea y las que presenten indicios de humedad o de contaminación por combustible. En este último caso y cuando la planta sea de tipo discontinuo, se deberán retirar los agregados de las correspondientes tolvas en caliente.

Cuantitativamente, se realizarán los siguientes controles:

451.5.2.3.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 451.5.2.4.1, se determinará el contenido de asfalto residual (Norma de ensayo INV E-732).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART%) tendrá una tolerancia de tres por mil (0.3 %),

respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (ARF%).

$$\text{ARF\%} - 0.3 \% \leq \text{ART\%} \leq \text{ARF\%} + 0.3 \%$$

[451.1]

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI %), no podrá diferir del valor promedio (ART %) en más de medio por ciento (0.5 %), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$\text{ART\%} - 0.5 \% \leq \text{ARI\%} \leq \text{ART\%} + 0.5 \%$$

[451.2]

Un porcentaje de asfalto residual promedio (ART %) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote. En este caso, la capa de mezcla en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

451.5.2.3.2 Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados.

La curva granulométrica de cada ensayo individual deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la Tabla 451 - 2, pero sin permitir que la curva se salga de la franja.

Si la curva granulométrica queda dentro de la franja, pero los valores incumplen los requisitos recién indicados, el Interventor rechazará el lote representado por dicha curva. En subsidio, podrá aceptarlo provisionalmente bajo el compromiso

escrito del Constructor de que, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, realizará todas las reparaciones que se requieran a satisfacción del Instituto Nacional de Vías, si en la capa que se colocará sobre la mezcla abierta en caliente se producen, dentro del término del contrato y de la garantía de estabilidad de las obras, reflejos de fallas de capas inferiores, atribuibles a las deficiencias granulométricas de la mezcla abierta en caliente.

451.5.2.4 Calidad del producto terminado

451.5.2.4.1 Tamaño del lote

Se considerará como “lote” que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500 m) de mezcla colocada en todo el ancho de la calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de mezcla colocada;
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

451.5.2.4.2 Aspectos generales

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se esté construyendo, excluyendo sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Interventor. La cota de cualquier punto de la mezcla compactada, no deberá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además, se harán las siguientes verificaciones:

451.5.2.4.3 Espesor

Las determinaciones de espesor de la capa compactada se realizarán en una proporción de cuando menos cinco (5) por lote. Los sitios para las mediciones se elegirán al azar de acuerdo con la norma INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro. El espesor promedio de la capa compactada (e_m) no podrá ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d$$

[451.3]

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, como mínimo, igual al ochenta por ciento (80 %) del espesor de diseño, admitiéndose un (1) solo valor por debajo de dicho límite, siempre que este último valor sea igual o mayor al setenta y cinco por ciento (75 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.80 e_d$$

[451.4]

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del lote. En tal caso, la capa de mezcla abierta en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

451.5.2.4.4 Planicidad

La superficie acabada no podrá presentar, en ningún punto, irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm) cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793; la regla se colocará tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el Interventor, los cuales no deberán estar

afectados por cambios de pendiente. Las zonas que presenten deficiencias de este tipo deberán ser reparadas por el Constructor, a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

451.5.2.4.5 Medidas de deflexión

El Interventor verificará la solidez de la estructura construida al nivel de la capa de mezcla abierta en caliente, realizando medidas de deflexión con la viga Benkelman, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-795. Los resultados de las medidas, que se realizarán en tresbolillo cada 20 metros, no constituirán base para aceptación o rechazo de la capa construida, sino que servirán al Instituto Nacional de Vías para verificar la homogeneidad de la estructura que se construye y realizar los ajustes que pudieran resultar necesarios al diseño estructural del pavimento.

Todas las áreas de mezcla abierta en caliente colocada y compactada, donde los defectos de calidad y de terminación excedan las tolerancias indicadas en esta especificación, deberán ser corregidas por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

451.6 MEDIDA

Rige lo pertinente del numeral 400.6 del Artículo 400, y en particular lo indicado en los numerales 400.6.2 y 400.6.3.

451.7 FORMA DE PAGO

Rige lo pertinente del numeral 400.7 del Artículo 400, y en particular lo indicado en el numeral 400.7.3.

451.8 ÍTEM DE PAGO

451.1 Mezcla abierta en caliente tipo MAC-75	Metro cúbico(m ³)
451.2 Mezcla abierta en caliente tipo MAC-63	Metro cúbico(m ³)
451.3 Mezcla abierta en caliente tipo MAC-50	Metro cúbico(m ³)
451.4 Mezcla abierta en caliente tipo MAC-50 para bacheo	Metro cúbico(m ³)

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente
NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

MEZCLA DISCONTINUA EN CALIENTE PARA CAPA DE RODADURA (MICROAGLOMERADO EN CALIENTE)

ARTÍCULO 452 – 13

452.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la elaboración, transporte, colocación y compactación de una capa de mezcla asfáltica de tipo discontinuo para capa de rodadura, preparada y colocada en caliente sobre un pavimento existente, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos o determinados por el Interventor.

452.2 MATERIALES

452.2.1 Agregados pétreos y llenante mineral

452.2.1.1 Requisitos generales

Los agregados pétreos y el llenante mineral deberán satisfacer los requisitos del Artículo 400, numeral 400.2.1. Adicionalmente, deberán cumplir con los requisitos de calidad mencionados en la Tabla 452 - 1.

Tabla 452 - 1. Requisitos de los agregados para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NT2 Y NT3
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%)	E-218	25
- 500 revoluciones		5
- 100 revoluciones		
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	20
Evaluación de la resistencia mecánica por el método del 10 % de finos		110
- Valor en seco, mínimo (kN)	E-224	75
- Relación húmedo/seco, mínimo (%)		
Coefficiente de pulimiento acelerado, mínimo	E-232	0.50
Durabilidad (F)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio,	E-220	18

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NT2 Y NT3
máximo (%)		
Limpieza, agregado grueso (F)		
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	E-237	0.5
Limpieza, gradación combinada (F)		
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	N.P
Equivalente de arena, mínimo (%) (Nota 1)	E-133	50
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 2)	E-235	10
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)		
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%)	E-240	10
Caras fracturadas, mínimo (%): una cara / dos caras	E-227	100 / 100
Geometría de las partículas, agregado fino (F)		
Angularidad de la fracción fina, método A, mínimo (%)	E-239	45
Adhesividad (O)		
- Agregado grueso: Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo, mínimo (%)	E-757	Reportar
Agregado fino: adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método riedel-weber), índice mínimo	E-774	Reportar

Nota 1: El equivalente de arena será el del agregado finalmente obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones (incluido el llenante mineral), según las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo y antes de pasar por el secador de la planta mezcladora. En caso de que no se cumpla el valor mínimo señalado en la tabla, el agregado se aceptará si su equivalente de arena, medido en las mismas condiciones, es superior a 40 % y, simultáneamente, el valor de azul de metileno, determinado mediante la norma de ensayo INV E- 235, es inferior a diez (10).

Nota 2: La determinación del valor de azul de metileno no es obligatoria si el equivalente de arena cumple con el valor mínimo señalado en la tabla.

452.2.1.2 Agregado fino

El agregado fino deberá proceder en su totalidad de la trituración de piedra de cantera o de grava natural, o parcialmente de fuentes naturales de arena. La proporción de arena natural no podrá exceder los valores de la Tabla 452 - 2.

El material que se triture para obtener el agregado fino deberá cumplir con los requisitos de resistencia establecidos para el agregado grueso en la Tabla 452 - 1.

Tabla 452 - 2. Proporción máxima de arena natural en el agregado

CARACTERÍSTICA	NT2	NT3
Proporción de arena natural: % de la masa total del agregado combinado	≤ 20	≤ 10
Proporción de arena natural: % de la masa total del agregado fino	≤ 50	

452.2.1.3 Llenante mineral

El llenante mineral podrá provenir de los procesos de trituración y clasificación de los agregados pétreos, separándose de ellos por medio de los ciclones de la planta mezcladora, o podrá ser de aporte como producto comercial, generalmente cal hidratada o cemento hidráulico. La proporción de llenante mineral y los requisitos para el mismo deberán cumplir con lo mencionado en la Tabla 452 - 3.

Tabla 452 - 3. Proporción y requisitos del llenante mineral

COMPOSICIÓN	NORMA DE ENSAYO INV	NT2 Y NT3
Proporción de llenante mineral de aporte: (% en masa del llenante total)	-	≥ 50
Granulometría del llenante mineral de aporte: - % que pasa tamiz 425 µm (No. 40) - % que pasa tamiz 150 µm (No. 100) - % que pasa tamiz 75 µm (No. 200)	E -215	100 > 90 > 75
Densidad bulk (g/cm ³)	E-225	0.5 a 0.8
Vacíos del llenante seco compactado (%)	E-229	≥ 38

452.2.1.4 Granulometría

La granulometría del agregado obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones, incluido el llenante mineral, deberá estar comprendida dentro de alguna de las franjas fijadas en la Tabla 452 - 4. El análisis granulométrico

se deberá efectuar de acuerdo con la norma de ensayo INV E-213.

Tabla 452 - 4. Franjas granulométricas para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura

TIPO DE MEZCLA		TAMIZ (mm / U.S. Standard)						
		12.5	9.5	8	4.75	2.00	0.425	0.075
		1/2"	3/8"	5/16"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
		% PASA						
TIPO M	M-13	100	75-97	-	15-28	11-22	8-16	5-8
	M-10	-	100	75-97	15-28	11-22	8-16	5-8
TIPO F	F-13	100	75-97	-	25-40	18-32	10-20	7-10
	F-10	-	100	75-97	25-40	18-32	10-20	7-10
TOLERANCIAS EN PRODUCCIÓN SOBRE LA FÓRMULA DE TRABAJO ($\pm$)		4 %			3 %			1 %

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el Constructor deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme, sensiblemente paralela a los límites de la franja por utilizar, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior del tamiz adyacente y viceversa.

El tipo de mezcla y la franja granulométrica por emplear serán los indicados en los documentos técnicos del proyecto.

452.2.2 Material bituminoso

El material bituminoso para elaborar la mezcla discontinua en caliente será cemento asfáltico modificado con polímeros, que corresponda a los tipos II (IIa o IIb) o III de la Tabla 414 - 1 del Artículo 414; también, puede ser cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado que cumpla los requisitos establecidos en el Artículo 413. El tipo por utilizar será el definido en los documentos técnicos del proyecto.

452.2.3 Aditivos mejoradores de la adherencia entre los agregados y el asfalto

Cuando se requieran, deberán cumplir con los requisitos del Artículo 412. La dosificación y la dispersión homogénea del aditivo deberán tener la aprobación del Interventor.

El Constructor deberá garantizar que su incorporación no producirá ningún efecto nocivo a los agregados, al ligante asfáltico o a la mezcla. Cualquier efecto adverso en el comportamiento del pavimento que se derive del empleo del aditivo, será de responsabilidad exclusiva del Constructor, quien deberá efectuar todas las reparaciones que requiera la mezcla compactada, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor.

452.3 EQUIPO

Al respecto, aplica lo que resulte pertinente de lo indicado en el Artículo 400.

Adicionalmente, se considerará que para la compactación se deberán utilizar compactadores de rodillos metálicos autopropulsados y sin vibración.

Dada la importancia que tiene el riego de liga en la construcción de este tipo de capa de rodadura, es altamente recomendable que la máquina pavimentadora esté provista, también, de un sistema de riego incorporado a ella, que garantice una aplicación continua y uniforme del mismo.

452.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

452.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el Artículo 105, “Desarrollo y control de los trabajos”, numeral 105.13.3.

452.4.2 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

452.4.2.1 Generalidades

Rige todo lo que resulte aplicable en el numeral 400.4.2 del Artículo 400.

452.4.2.2 Diseño de la mezcla

Las mezclas discontinuas en caliente se diseñarán en función del tipo de granulometría del agregado, siguiendo los métodos indicados en la Tabla 452 - 5.

Tabla 452 - 5. Método de diseño para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura

TIPO DE MEZCLA	NORMA DE ENSAYO INV	MÉTODO
Tipo M	E-760	Ensayo Cántabro Comprobación: - Verificación de adherencia mediante el ensayo Cántabro con inmersión
Tipo F	E-748 E-725 E-756	Método Marshall Comprobación: - Verificación de adherencia por tracción indirecta - Verificación de resistencia a la deformación plástica

452.4.2.2.1 Diseño de mezclas discontinuas tipo M**452.4.2.2.1.1 Diseño mediante el ensayo Cántabro**

Los criterios de dosificación de estas mezclas son los indicados en la Tabla 452 - 6. La temperatura de elaboración de la mezcla deberá corresponder, en principio, a una viscosidad del ligante asfáltico comprendida entre ciento cincuenta y ciento noventa centistokes (150 cSt–190 cSt), debiendo verificarse que no se produzca escurrimiento del ligante a dicha temperatura.

Tabla 452 - 6. Criterios de dosificación para mezclas discontinuas tipo M

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	VALOR
Contenido de ligante: % en masa sobre el agregado seco, mínimo	-	5.0
Compactación: número de golpes por cara	E-760	50
Pérdida por abrasión en seco, máximo (%)	E-760	15
Vacíos con aire en la mezcla compactada, mínimo (%)	E-736	12

Relación llenante / ligante efectivo, en peso	-	1.2 a 1.4
---	---	-----------

452.4.2.2.1.2 Verificación de adherencia

La mezcla que cumpla los requisitos de diseño de la Tabla 452 - 6 deberá ser sometida a la prueba de verificación de la adherencia, según el criterio señalado en la Tabla 452.7.

Tabla 452 - 7. Verificación de adherencia para mezclas discontinuas tipo M

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	VALOR
Pérdida de abrasión en probetas después de inmersión en agua durante 24 horas a 60° C, máximo (%) (Nota 1).	E-760	25

Si la pérdida de abrasión tras inmersión supera el valor especificado, se deberá mejorar la adhesividad mediante un aditivo mejorador de adherencia apropiado.

452.4.2.2.2 Diseño de mezclas discontinuas tipo F

452.4.2.2.2.1 Diseño Marshall

Los criterios de dosificación de estas mezclas son los indicados en la Tabla 452 - 8.

Tabla 452 - 8. Criterios de dosificación para mezclas discontinuas tipo F

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	VALOR
Contenido de ligante: % en masa sobre el agregado seco, mínimo	-	5.5
Compactación: número de golpes por cara	E-748	50
Estabilidad, mínimo (N)	E-748	7,500
Vacios con aire, mínimo (%)	E-736	4
Relación llenante / ligante efectivo, en	-	1.4 a 1.8

peso		
------	--	--

452.4.2.2.2 Verificación de adherencia y resistencia a la deformación plástica

El diseño Marshall que cumpla con los requisitos de la Tabla 452 - 8 se deberá someter a las pruebas de verificación relacionadas en la Tabla 452 - 9. La verificación deberá adelantarse en la secuencia indicada en la tabla.

Tabla 452 - 9. Verificación de adherencia y resistencia a la deformación plástica para mezclas discontinuas tipo F

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO INV	VALOR
Adherencia: Resistencia retenida a la tracción indirecta, mínimo (%)	E-725	80
Resistencia a la deformación plástica: velocidad máxima de deformación en el intervalo de 105 a 120 minutos (mm/min).	E-756	12 15
<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura media anual del aire > 24° C - Temperatura media anual del aire ≤ 24° C 		

Si la mezcla no cumple con el requisito de adherencia, se deberá incrementar su adhesividad hasta que cumpla con el mismo, empleando un aditivo mejorador de adherencia y/o un llenante mineral apropiado.

452.4.2.2.3 Composición de la mezcla

La composición de la mezcla discontinua en caliente se deberá ajustar a lo establecido en la Tabla 452 - 10.

Tabla 452 - 10. Composición de las mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura

COMPOSICIÓN	TIPO DE MEZCLA			
	M-13	M-10	F-13	F-10
Cantidad de mezcla, kg/m ²	55 a 70	35 a 50	65 a 80	40 a 55

Ligante residual en el riego de liga, mínimo (kg/m ²)	Pavimento nuevo	0.30	0.25
	Pavimento antiguo	0.40	0.35

452.4.2.2.4 Ajuste de la fórmula de trabajo

La mezcla discontinua en caliente para capa de rodadura no se podrá fabricar a escala industrial, mientras el Interventor no haya aprobado la fórmula de trabajo y realizado las verificaciones y ajustes correspondientes en la fase de experimentación, en particular respecto de la cantidad media de mezcla por aplicar para obtener el espesor compacto establecido en los documentos técnicos del proyecto. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla o se rebasan de manera frecuente las tolerancias granulométricas establecidas en este Artículo, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

452.4.3 Preparación de la superficie existente

La mezcla no se extenderá hasta que se compruebe que la capa sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y su superficie presente las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan de las tolerancias establecidas en la especificación respectiva, deberán ser corregidas de acuerdo con lo establecido en ella.

No se permitirá la colocación de la mezcla discontinua en caliente mientras el Interventor no certifique que la capa sobre la cual se va a colocar es estructuralmente sana y presenta una regularidad superficial aceptable.

Las áreas de la superficie existente donde se formen charcos en instantes de lluvia, requieren una capa de mezcla densa de nivelación antes de que se permita la extensión de la mezcla discontinua.

Debido al pequeño espesor en que son puestas en obra las mezclas discontinuas en caliente, ellas resultan propensas a despegues por los

esfuerzos tangenciales del tránsito. Por tal razón, la extensión de la mezcla exige la aplicación cuidadosa de un riego previo de liga, el cual se realizará conforme lo establece el Artículo 421, empleando una emulsión asfáltica modificada con polímeros del tipo CRR-2m, de las características establecidas en el Artículo 415 y con la dosificación indicada en el numeral 452.4.2.2.3.

Para garantizar la efectividad del riego de liga, es recomendable que la máquina pavimentadora esté provista de un sistema de riego incorporado a ella. Si no se dispone de dicho equipo, el riego se podrá aplicar con un carrotanque, cuidando que no se degrade antes de la extensión de la mezcla. En caso de que el riego pierda efectividad, el Constructor deberá efectuar un riego adicional, en la cuantía que fije el Interventor. Si la pérdida de efectividad del primer riego es imputable al Constructor, el nuevo riego deberá realizarlo a su costa.

Las excavaciones para bacheo, así como las operaciones de relleno con los materiales adecuados para restablecer el nivel actual, se ejecutarán de acuerdo con las indicaciones del Artículo 465 para la excavación y de los Artículos que correspondan a los materiales empleados en el relleno de la misma.

Si la superficie sobre la cual se va a colocar la mezcla corresponde a un pavimento asfáltico antiguo que, de acuerdo con los estudios del proyecto o el criterio del Interventor, requiere un fresado previo, éste se realizará conforme se establece en el Artículo 460.

452.4.4 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 400.4.3 del Artículo 400.

452.4.5 Aprovechamiento de los agregados

Los agregados se suministrarán fraccionados y se manejarán separados hasta su introducción en las tolvas en frío. El número de fracciones deberá ser tal que sea posible, con la instalación que se utilice, cumplir las tolerancias exigidas en la granulometría de la mezcla. Cada fracción será suficientemente homogénea y se deberá poder acopiar y manejar sin peligro de segregación, observando las precauciones que se detallan a continuación. Cuando la mezcla asfáltica se vaya a elaborar en una planta del tipo tambor secador-mezclador no se permitirá, por ningún motivo,

realizar una predosificación de las fracciones de los agregados pétreos, antes de su vertimiento en las tolvas de agregados en frío de la planta.

Cada fracción del agregado se acopiará separada de las demás, para evitar intercontaminaciones. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se utilizarán los quince centímetros (15 cm) inferiores de los mismos. Los acopios se construirán por capas de espesor no superior a un metro y medio (1.5 m), y no por montones cónicos. Las cargas del material se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

Cuando se detecten anomalías en el suministro, los agregados se acopiarán por separado, hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se aplicará cuando se autorice el cambio de procedencia de un agregado.

452.4.6 Fabricación de la mezcla asfáltica

La carga de las tolvas en frío se realizará de forma que éstas contengan más del cincuenta por ciento (50 %) de su capacidad, pero sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones.

Las aberturas de salida de las tolvas en frío se regularán en forma tal, que la mezcla de todos los agregados se ajuste a la fórmula de obra de la alimentación en frío. El caudal total de esta mezcla en frío se regulará de acuerdo con la producción prevista, debiéndose mantener constante la alimentación del secador.

Los agregados se calentarán antes de su mezcla con el asfalto. El secador se regulará de forma que la combustión sea completa, indicada por la ausencia de humo negro en el escape de la chimenea. Siempre que se presenten signos de avería en el sistema de combustión, si ocurre combustión incompleta o se advierte alguna contaminación por combustible en los agregados o en la mezcla, se detendrá la producción hasta que se identifiquen y corrijan las causas del problema.

Si el polvo mineral recogido en los colectores cumple las condiciones exigidas al llenante y su utilización está prevista, se podrá introducir en la mezcla; en caso contrario, se deberá eliminar. El tiro de aire en el secador se deberá regular de forma adecuada, para que la cantidad y la granulometría del llenante recuperado sean uniformes. La dosificación del

llenante de recuperación y/o el de aporte se hará de manera independiente de los agregados y entre sí.

En las plantas de tipo discontinuo, se deberá comprobar que la unidad clasificadora en caliente proporcione a las tolvas en caliente agregados homogéneos; en caso contrario, se tomarán las medidas necesarias para corregir la heterogeneidad.

Los agregados preparados como se ha indicado anteriormente, y eventualmente el llenante mineral seco, se pesarán exactamente y se transportarán al mezclador en las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo. Después de haber introducido en el mezclador los agregados y el llenante, se agregará automáticamente el material bituminoso calculado para cada bachada, el cual se deberá encontrar a la temperatura adecuada, y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

La temperatura del material bituminoso en el instante de la mezcla depende de la relación viscosidad – temperatura, siendo una temperatura conveniente aquella a la cual el ligante presenta una viscosidad entre ciento cincuenta y trescientos centistokes (150–300 cSt), siendo preferible que se encuentre entre ciento cincuenta y ciento noventa centistokes (150–190 cSt).

En ningún caso se introducirá en el mezclador el agregado caliente a una temperatura superior en más de quince grados Celsius (15° C) a la temperatura del asfalto. La temperatura de elaboración de la mezcla se fijará dentro del rango recomendado por el fabricante del cemento asfáltico modificado con polímeros.

El volumen de materiales en el mezclador no será tan grande que sobrepase los extremos de las paletas, cuando éstas se encuentren en posición vertical, siendo recomendable que no superen los dos tercios (2/3) de su altura. Todos los tamaños del agregado deberán estar uniformemente distribuidos en la mezcla y sus partículas total y homogéneamente cubiertas de ligante. La temperatura de la mezcla recién elaborada no excederá de la fijada durante la definición de la fórmula de trabajo.

En caso de utilizar adiciones al ligante o a la mezcla, se cuidará su correcta dosificación y su distribución homogénea, así como la conservación de sus características iniciales durante el proceso de fabricación.

Se rechazarán todas las mezclas heterogéneas, carbonizadas o sobrecalentadas, las mezclas con espuma, o las que presenten indicios de contaminación ó humedad. En este último caso, se retirarán los agregados de las correspondientes tolvas en caliente. También, se rechazarán aquellas mezclas en las que la envuelta no sea perfecta.

452.4.7 Transporte de la mezcla

La mezcla se transportará a la obra en volquetas carpadas, hasta una hora del día en que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar correctamente con luz solar. Sólo se permitirá el trabajo en horas de la noche si, a juicio del Interventor, existe una iluminación artificial que permita la extensión y la compactación de manera adecuada.

Durante el transporte de la mezcla se deberán tomar las precauciones necesarias para que al descargarla en el equipo de transferencia o en la máquina pavimentadora, su temperatura no sea inferior a la mínima que se determine como aceptable durante la fase de experimentación.

Antes de abordar cualquier vía pavimentada, se deberán limpiar perfectamente las llantas de los vehículos destinados al transporte de la mezcla. Los vehículos de transporte de mezcla deberán mantener al día los permisos de tránsito y ambientales requeridos y sus cargas por eje y totales se deberán encontrar dentro de los límites fijados por la resolución vigente del Ministerio de Transporte.

452.4.8 Transferencia de la mezcla

Si el Constructor dispone de una máquina para la transferencia de la mezcla asfáltica (shuttle buggy), la volqueta descargará la mezcla en la tolva de almacenamiento de la máquina, cuyas bandas transportadoras se encargarán de alimentar la pavimentadora, sin que ésta sea tocada por las llantas de la volqueta, favoreciendo de esta manera la regularidad superficial.

452.4.9 Extensión de la mezcla

La mezcla recibida de la volqueta o de la máquina de transferencia será extendida por la máquina pavimentadora, de modo que se cumplan los alineamientos, anchos y espesores señalados en los planos o determinados por el Interventor.

A menos que el Interventor expida una instrucción en contrario, la extensión se realizará en franjas longitudinales y comenzará a partir del borde de la calzada en las zonas por pavimentar con sección bombeada, o en el lado inferior en las secciones peraltadas. Siempre que resulte posible, se evitarán las juntas longitudinales realizando la extensión en ancho completo, trabajando si es necesario con dos (2) o más pavimentadoras ligeramente desfasadas. Si por razones prácticas de la obra ello no resulta posible, después de haber extendido y compactado una franja, se extenderá la siguiente mientras el borde de la anterior aún se encuentre caliente y en condiciones de ser compactado; en caso contrario, se ejecutará una junta longitudinal.

La pavimentadora se regulará de manera que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin arrastres ni segregaciones, y con un espesor tal que, luego de compactada, se ajuste a la rasante y a la sección transversal indicada en los planos, con las tolerancias establecidas en la presente especificación. Por ningún motivo se permitirá el empleo de máquinas pavimentadoras que dejen marcas o depresiones en la superficie u otros defectos permanentes en ella.

Tampoco se permitirá la segregación de la mezcla. Si ella ocurre, la extensión de la mezcla deberá ser suspendida inmediatamente, hasta que su causa sea determinada y corregida. Toda área segregada que no sea corregida antes de la compactación, deberá ser removida y reemplazada con material apropiado, a expensas del Constructor.

La extensión de la mezcla se realizará con la mayor continuidad posible, ajustando la velocidad de la pavimentadora a la producción de la planta de fabricación, de manera que aquella sufra el menor número posible de detenciones.

En caso de trabajo intermitente, se comprobará que la temperatura de la mezcla que quede sin extender en la tolva o bajo la pavimentadora no baje de la especificada para el inicio de la compactación; de lo contrario, dicha mezcla se descartará y se deberá ejecutar una junta transversal.

En los sitios en los que a juicio del Interventor no resulte posible el empleo de máquinas pavimentadoras, la mezcla se podrá extender a mano. La mezcla se descargará fuera de la zona que se vaya a pavimentar, y se distribuirá en los lugares correspondientes por medio de palas y rastrillos calientes, en una capa uniforme y de espesor tal que, una vez

compactada, se ajuste a los planos o a las instrucciones del Interventor, con las tolerancias establecidas en la presente especificación.

452.4.10 Compactación de la mezcla

La compactación se realizará según el plan aprobado por el Interventor como resultado de la fase de experimentación. Deberá comenzar, una vez extendida la mezcla, a la temperatura más alta posible con que ella pueda soportar la carga a que se somete, sin que se produzcan agrietamientos o desplazamientos indebidos. El número de pasadas del rodillo liso sin vibración no será menor de seis (6).

La compactación se realizará longitudinalmente de manera continua y sistemática. Deberá empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas en donde el cilindrado avanzará del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma aprobada por el Interventor, hasta que la superficie total haya sido compactada. Si la extensión de la mezcla se ha realizado por franjas, al compactar una de ellas se ampliará la zona de compactación para que incluya al menos quince centímetros (15 cm) de la anterior.

Los rodillos deberán llevar su rueda motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el Interventor, y sus cambios de dirección se harán sobre la mezcla ya compactada. Los elementos de compactación deberán estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos. No se permitirán, sin embargo, excesos de agua.

Se tendrá cuidado al compactar para no desplazar los bordes de la mezcla extendida; aquellos que formarán los bordes exteriores del pavimento terminado, serán chaflanados ligeramente.

La compactación se deberá realizar de manera continua durante la jornada de trabajo y se complementará con el trabajo manual mínimo necesario para la corrección de todas las irregularidades que se puedan presentar.

Se deberá verificar la temperatura de la mezcla al inicio y al final del proceso de compactación.

452.4.11 Juntas de trabajo

Si la construcción de juntas longitudinales es inevitable y al extender franjas contiguas la extendida en primer lugar tiene una temperatura inferior a la mínima aceptable para terminar el trabajo de pavimentación, según se haya determinado en la fase de experimentación, el borde de ésta se deberá cortar dejando al descubierto una superficie plana y vertical en todo su espesor, procediendo a continuación a aplicar una capa uniforme y ligera de riego de liga y luego a calentar la junta y extender la siguiente franja contra ella.

Las juntas transversales se compactarán transversalmente, disponiendo los apoyos adecuados para los elementos de compactación. Las juntas transversales de franjas de extensión adyacentes se deberán distanciar, cuando menos, en cinco metros (5 m).

452.4.12 Apertura al tránsito

Alcanzado el nivel de compactación exigido, el tramo pavimentado se podrá abrir al tránsito tan pronto la capa alcance la temperatura ambiente.

452.4.13 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la extensión y compactación de la mezcla en momentos de lluvia, ni cuando haya fundado temor que ella ocurra o cuando la temperatura ambiente a la sombra y la del pavimento sean inferiores a ocho grados Celsius (8° C).

Los trabajos se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

452.4.14 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

452.4.15 Reparaciones

Todos los defectos no advertidos durante la colocación y compactación, tales como protuberancias, juntas irregulares, depresiones, irregularidades de alineamiento y de nivel, deberán ser corregidos por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor. El Constructor deberá proporcionar trabajadores competentes, capaces de ejecutar a satisfacción el trabajo eventual de correcciones en todas las irregularidades del pavimento construido.

452.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

452.5.1 Controles

Rige lo que resulte aplicable del numeral 400.5.1 del Artículo 400.

452.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**452.5.2.1 Calidad del ligante asfáltico**

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para el cemento asfáltico modificado con polímeros o adicionado con grano de caucho reciclado (asfalto-caucho) serán los establecidos en los Artículos 414 y 413, respectivamente.

452.5.2.2 Calidad de los agregados pétreos y del llenante mineral**452.5.2.2.1 Aprobación inicial**

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deberán realizar los ensayos que se encuentran indicados en la Tabla 452 - 1.

Así mismo, para cada procedencia del llenante mineral y para cualquier volumen previsto, se tomarán dos (2) muestras y sobre ellas se determinará la densidad bulk, según la norma INV E-225.

Los resultados de estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 452.2.1, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

452.5.2.2.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, se ordenará acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas, y plasticidad, y vigilará la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, se efectuarán las verificaciones de calidad indicadas en la Tabla 452 - 11 para los agregados grueso y fino y en la Tabla 452 - 12 para el llenante mineral de aporte.

El Interventor podrá autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en las Tablas 452 - 11 y 452 - 12, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En ningún caso se permitirá el empleo de agregados minerales que no satisfagan los requisitos pertinentes del numeral 452.2.1. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado insatisfactorio, se tomarán dos muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados

de ambos ensayos de comprobación deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

Tabla 452 - 11. Ensayos de verificación sobre los agregados para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Evaluación de la resistencia a mecánica por el método del 10% de finos	E-224	1 por mes
Coeficiente de pulimiento acelerado	E-232	Cuando cambie la procedencia de los agregados
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza, agregado grueso (F)		
Impurezas en agregado grueso	E-237	1 por semana
Limpieza, gradación combinada (F)		
Índice de plasticidad	E-125,126	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana
Valor de azul de metileno (Nota 1)	E-235	1 por semana
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)		
Partículas planas y alargadas, relación 5:1	E-240	1 por semana
Caras fracturadas	E-227	1 por jornada
Geometría de las partículas, agregado fino (F)		
Angularidad de la fracción fina, método A	E-239	1 por jornada

Nota 1: En caso de que se requiera, según el numeral 452.2.1.1.

Tabla 452 - 12. Ensayos de verificación sobre el llenante mineral de aporte para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Granulometría	E-123	1 por suministro
Densidad bulk	E-225	1 vez a la semana y siempre que cambie la procedencia del llenante

452.5.2.3 Composición de la mezcla

A la salida del mezclador o del silo de almacenamiento, sobre cada vehículo de transporte, se controlará el aspecto de la mezcla y medirá su temperatura. El Interventor rechazará todas las mezclas segregadas, carbonizadas o sobrecalentadas, así como las mezclas con espuma, aquellas cuya envuelta no sea homogénea y las que presenten indicios de humedad o de contaminación por combustible. En este último caso y cuando la planta sea de tipo discontinuo, se deberán retirar los agregados de las correspondientes tolvas en caliente.

Cuantitativamente, se realizarán los siguientes controles:

452.5.2.3.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 452.5.2.5.1, se determinará el contenido de asfalto residual, según la norma de ensayo INV E-732 para el caso de asfalto modificado con polímeros, o la norma de ensayo INV E-729, para el caso de asfalto modificado con grano de caucho reciclado.

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART%) tendrá una tolerancia de tres por mil (0.3 %), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (ARF%).

$ARF\% - 0.3\% \leq ART\% \leq ARF\% + 0.3\%$	[452.1]
---	---------

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI %), no podrá diferir del valor promedio (ART %) en más de medio por ciento (0.5 %), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$ART\% - 0.5\% \leq ARI\% \leq ART\% + 0.5\%$	[452.2]
---	---------

Un porcentaje de asfalto residual promedio (ART %) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso del ligante, el Constructor demuestre que no habrá problemas de comportamiento de la mezcla, ni de inseguridad para los usuarios.

En caso de rechazo, la capa de mezcla discontinua en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será propiedad del Constructor.

452.5.2.3.2 Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados según la norma de ensayo INV E-782. La curva granulométrica de cada ensayo individual deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la Tabla 452 - 4, pero sin permitir que la curva se salga de la franja.

En caso de que los valores obtenidos excedan las tolerancias, pero no salgan de la franja, el Constructor deberá preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje medio de asfalto de la mezcla elaborada con este agregado. Ella se someterá a todas las pruebas de valoración descritas en el numeral 452.4.2 de esta especificación. Si los requisitos allí indicados no se cumplen en su totalidad, se rechazará el lote. En este caso, la capa de mezcla discontinua en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para

el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será propiedad del Constructor.

452.5.2.4 Calidad de la mezcla

452.5.2.4.1 Calidad de las mezclas tipo M

452.5.2.4.1.1 Vacíos con aire de probetas compactadas

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada, se moldearán probetas (tres por muestra), a la temperatura apropiada, para el ensayo Cántabro (norma de ensayo INV E-760) y a ellas se les determinará previamente su gravedad específica bulk (normas de ensayo INV E-733 o INV E-802).

Se determinará también la gravedad específica máxima (D_{mm}) sobre una muestra una muestra representativa de la mezcla del lote, mediante las normas de ensayo INV E-735 o INV E-803,

Para cada una de las probetas se calcularán los vacíos con aire mediante la norma de ensayo INV E-736, a partir de su gravedad específica bulk y de la gravedad específica máxima de la muestra representativa del lote. El valor promedio de los vacíos con aire de las seis probetas no podrá diferir en más de dos puntos porcentuales (+ 2 %) del definido al establecer la fórmula de trabajo y, simultáneamente, deberá ser mayor o igual que el límite que se establece en la Tabla 452 - 6, sin que ningún valor individual pueda ser inferior a diez por ciento (10 %).

El incumplimiento de alguna de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las muestras, sin que haya necesidad de determinar su resistencia al

desgaste. En este caso, la capa de mezcla discontinua en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será propiedad del Constructor.

452.5.2.4.1.2 Resistencia

Si el requisito sobre vacíos con aire se ha cumplido, con tres de las probetas se medirá la pérdida por abrasión en seco y con las otras tres se determinará la pérdida por abrasión luego de un período de inmersión en agua a sesenta grados Celsius (60° C) durante veinticuatro horas (24 h).

Los valores promedio de pérdida de ambos grupos deberán satisfacer los criterios establecidos en las Tablas 452 - 6 y 452 - 7. Ninguna de las probetas podrá presentar una pérdida mayor en veinte por ciento (20 %) de la máxima admisible para cada grupo.

Si uno o ambos requisitos se incumplen, se rechazará el lote representado por estas muestras. En este caso, la capa de mezcla discontinua en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será propiedad del Constructor.

452.5.2.4.2 Calidad de las mezclas tipo F

452.5.2.4.2.1 Vacíos con aire de probetas compactadas

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada, se compactarán probetas (dos por muestra), a la temperatura apropiada, con cincuenta (50) golpes/cara, para verificar en el laboratorio su gravedad

específica bulk (normas de ensayo INV E-733 o INV E-802) y su resistencia en el ensayo Marshall (norma de ensayo INV E-748).

Así mismo, sobre una muestra una muestra representativa de la mezcla del lote, se determinará la gravedad específica máxima (Dmm), mediante las normas de ensayo INV E-735 o INV E-803,

Para cada una de las probetas se calcularán los vacíos con aire mediante la norma de ensayo INV E-736, a partir de su gravedad específica bulk y de la gravedad específica máxima de la muestra representativa del lote.. El valor promedio de los vacíos con aire de las cuatro probetas deberá ser mayor o igual que el límite que se establece en la Tabla 452 - 8, sin que ningún valor individual pueda ser menor de tres y medio por ciento (3.5 %).

El incumplimiento de alguna de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las muestras, sin que sea necesario hacer verificaciones de resistencia.

452.5.2.4.2.2 Estabilidad

Si el requisito sobre vacíos con aire se ha cumplido, se determinará la estabilidad Marshall de las cuatro (4) probetas. El promedio de sus estabilidades (Em) no podrá ser menor que el valor obtenido al establecer la fórmula de trabajo (Et).

$Em > Et$

[452.3]

Además, la estabilidad de cada probeta (Ei) deberá ser igual o superior al noventa por ciento (90 %) del valor medio de estabilidad (Em), admitiéndose sólo un valor individual

bajo de ese límite, siempre y cuando no se encuentre por debajo del valor mínimo admisible establecido en la Tabla 452 - 8 de este Artículo.

$E_i > 0.90 E_m$

[452.4]

El incumplimiento de al menos una de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las muestras. En este caso, la capa de mezcla discontinua en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada por el Constructor mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será propiedad del Constructor.

452.5.2.4.3 Susceptibilidad a la humedad

Cada vez que el Interventor lo considere conveniente, de acuerdo con el aspecto y comportamiento de la mezcla colocada, se verificará en el laboratorio la susceptibilidad de la mezcla compactada a la acción del agua, empleando el ensayo de tracción indirecta descrito en la norma de ensayo INV E-725.

Al efecto, se moldearán seis (6) probetas con la mezcla que se está elaborando, tres (3) de las cuales se curarán en seco y tres (3) bajo condición húmeda, determinándose la resistencia promedio de cada grupo como lo establece la norma. La resistencia del grupo curado en húmedo deberá ser, cuando menos, ochenta por ciento (80 %) de la resistencia del grupo curado en seco, para que se considere que la mezcla es resistente a la humedad.

El incumplimiento de este requisito implicará la realización del ensayo sobre núcleos tomados de los diferentes lotes cuya mezcla considere el

Interventor que puede presentar este problema (seis núcleos por lote, tres curados en seco y tres bajo condición húmeda). Los lotes de material que no cumplan con el requisito serán rechazados. Además, los trabajos se deberán suspender hasta que se estudien e implementen las medidas que garanticen el cumplimiento de este requisito, las cuales pueden comprender desde la incorporación de un aditivo hasta la definición de una nueva fórmula de trabajo y un nuevo diseño de la mezcla.

452.5.2.5 Calidad del producto terminado

452.5.2.5.1 Tamaño del lote

Se considerará como “lote” que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios, para una sola capa de mezcla discontinua asfáltica en caliente:

- Quinientos metros lineales (500 m) de mezcla discontinua en caliente colocada en todo el ancho de la calzada;
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de mezcla discontinua en caliente colocada;
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

452.5.2.5.2 Aspectos generales

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se esté construyendo, excluyendo sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Interventor. La cota de cualquier punto de la mezcla discontinua en caliente, compactada, no deberá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además, se deberán realizar las siguientes verificaciones:

452.5.2.5.3 Compactación

Las determinaciones de densidad de la capa compactada se realizarán en una proporción de cuando menos cinco (5) por lote. Los sitios para las mediciones se elegirán al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

452.5.2.5.3.1 Mezclas tipo M

En el caso de las mezclas tipo M, el porcentaje promedio de vacíos con aire en la mezcla no podrá variar en más de tres puntos porcentuales ($\pm 3\%$) del obtenido en la fórmula de trabajo. Simultáneamente, no más de tres (3) individuos de la muestra ensayada podrán presentar valores que difieran en más de cuatro puntos porcentuales ($\pm 4\%$) del obtenido en la fórmula.

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del lote por parte del Interventor. En caso de rechazo, la capa de mezcla discontinua en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, todo ello a cargo y costa del Constructor. El material fresado será de propiedad del Constructor.

452.5.2.5.3.2 Mezclas tipo F

Para el control de la compactación de las mezclas discontinuas en caliente del tipo F, se deberá calcular su grado de compactación

a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y de los ensayos de densidad en el laboratorio, mediante la siguiente expresión:

$$GC_i = \frac{D_i}{D_e} \times 100 \quad [452.5]$$

Siendo:

GC_i : Valor individual del grado de compactación, en porcentaje;

D_i : Valor individual de la densidad en el terreno, determinado por alguno de los métodos descritos en las normas de ensayo INV E-733, INV E-734, INV E-746, E-787 o INV E-802;

D_e : Valor promedio de los valores de densidad bulk de las cuatro (4) o más probetas correspondientes al lote que se está evaluando, elaboradas en el laboratorio para la verificación de vacíos y estabilidad según el numeral 452.5.2.4.1.1.

Para el control de la compactación se aplicarán los siguientes criterios:

$GC_i (90) \geq 97.0 \%$	se acepta el lote	[452.6]
--------------------------	-------------------	---------

$GC_i (90) < 97.0 \%$	se rechaza el lote	[452.7]
-----------------------	--------------------	---------

Siendo:

$GC_i(90)$: Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90%, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del Artículo 107, "Control y aceptación de

los trabajos”, a partir de los valores individuales del grado de compactación GC_i .

La toma de muestras testigo se hará de acuerdo con la norma INV E-758.

Sólo se aceptará la determinación de la densidad de la capa compactada por medio de densímetros nucleares (norma de ensayo INV E-746), si se garantiza, sin lugar a ninguna duda, que la medición del aparato abarca, única y exclusivamente, el espesor total de la capa que se está verificando.

En caso de rechazo, la capa de mezcla discontinua en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será propiedad del Constructor.

452.5.2.5.4 Espesor

Sobre la base del lote escogido para el control de la compactación y en los mismos puntos de verificación, se determinará el espesor promedio de la capa compactada (e_m), el cual no podrá ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d$$

[452.8]

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño, admitiéndose un (1) solo valor por debajo de dicho límite, siempre que este último valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.90 e_d$$

[452.9]

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del lote por parte del Interventor. En caso de rechazo, la capa de mezcla discontinua en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

452.5.2.5.5 Segregación térmica

El Constructor deberá entregar al Interventor un registro fotográfico, tomado con cámara infrarroja, de las temperaturas de extensión y compactación de toda la mezcla colocada, debidamente referenciado (norma de ensayo INV E-788).

Estas fotografías tendrán dos usos:

- Durante la construcción, el Interventor puede ordenar la toma de núcleos en los sitios donde las imágenes muestren la presencia de sitios de menor temperatura, para verificar el porcentaje de vacíos de la mezcla colocada;
- Al final de la obra, las imágenes serán incluidas en el Informe Final de Interventoría y servirán al Instituto Nacional de Vías como antecedente técnico si se presentan deterioros del pavimento durante el periodo de garantía, como consecuencia de la segregación térmica durante la construcción de la capa de rodadura con mezcla discontinua en caliente.

452.5.2.5.6 Planicidad

La superficie acabada no podrá presentar zonas de acumulación de agua, ni irregularidades mayores de diez milímetros (10 mm) cuando se compruebe con una regla de tres metros (3m), según la norma de ensayo INV E-793; la regla se colocará tanto paralela

como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja al azar el Interventor, los cuales no podrán estar afectados por cambios de pendiente. Las zonas que presenten deficiencias de este tipo deberán ser fresadas y repuestas por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, y a plena satisfacción del Interventor. El material fresado será de propiedad del Constructor.

Si la capa de apoyo no corresponde al mismo contrato, la verificación de la planicidad solo aplicará si su superficie cumple con los criterios de planicidad mencionados en el párrafo anterior.

452.5.2.5.7 Textura

Las medidas de textura se realizarán a los pocos días de terminada la capa, empleando el método descrito en la norma de ensayo INV E-791.

El número mínimo de puntos a controlar por lote será de tres (3), que se ampliarán a cinco (5) si la textura obtenida en uno de los tres (3) primeros es inferior a la especificada. Dichos puntos se elegirán al azar, de acuerdo con la norma INV E-730.

La profundidad media de textura del lote no podrá ser menor al mínimo admisible que corresponda en la Tabla 452 - 13, sin que ningún valor individual sea inferior en más de veinte por ciento (20 %) al promedio mínimo exigido y sin que existan áreas con evidencias indudables de segregación.

Si este requisito no se cumple, la capa de mezcla discontinua en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, quedando el material fresado de propiedad del Constructor. Alternativamente y a opción del Constructor, y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, éste podrá colocar una

capa adicional de una mezcla del mismo tipo, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, del mismo espesor compacto que la anterior, cumpliendo todos los requisitos de calidad de esta especificación. El riego de liga que se deba colocar para adherir las capas deberá ejecutarlo con una emulsión modificada con polímeros, en acuerdo al Artículo 421, también sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Tabla 452 - 13. Profundidad de textura y resistencia al deslizamiento mínimas admisibles para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	TIPO DE MEZCLA	
		M	F
Profundidad media de textura, mínimo (mm)	E-791	1.5	1.1
Coeficiente de resistencia al deslizamiento, mínimo	E-792		
- NT3: Glorietas; curvas con radios menores de 200 metros; pendientes $\geq 5\%$ en longitudes de 100 metros o más; intersecciones; zonas de frenado frecuente.		0.60	0.60
- NT3: Otras secciones y NT2		0.55	0.60

452.5.2.5.8 Resistencia al deslizamiento

Una vez transcurridos, como mínimo, treinta (30) días de la puesta en servicio de la capa de mezcla discontinua en caliente, se harán las determinaciones de la resistencia al deslizamiento.

Debido a que este parámetro se encuentra relacionado directamente con la seguridad de los usuarios, los puntos para su determinación en cada lote no se elegirán al azar, sino que serán ubicados por el Interventor en los lugares que considere más sensibles al deslizamiento vehicular en condición de superficie húmeda.

Las medidas se realizarán con el péndulo británico, en acuerdo con la norma de ensayo INV E-792, en

tres (3) puntos por lote en zonas en tangente y en uno (1) por cada curva horizontal y por cada zona singular (glorieta, intersección, zona de frenado, etc.) incluida dentro del lote, y ninguna de ellas podrá presentar un valor inferior al límite indicado en la Tabla 452 - 13, de acuerdo con el tipo de mezcla. En caso de que se presenten valores menores, el Interventor realizará medidas adicionales para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual deberá ser corregida por el Constructor, a su costa, bajo los mismos criterios exigidos en el inciso precedente para remediar los incumplimientos en cuanto a textura.

La resistencia al deslizamiento se puede verificar también con dispositivos de rueda parcialmente bloqueada (INV E-815). En tal caso, la especificación particular indicará el equipo autorizado, así como los valores mínimos por alcanzar, los cuales deberán ser, cuando menos, equivalentes a los señalados en la Tabla 452 - 13 para el péndulo británico

452.5.2.5.9 Regularidad superficial

Debido a su escaso espesor, las mezclas discontinuas en caliente no pueden corregir defectos asociados con la falta de regularidad del perfil longitudinal de la calzada. Por tal razón, no se permitirá la colocación de la mezcla en obra, hasta tanto no se garantice que la superficie de la capa sobre la cual se va a construir cumpla los requisitos que se exigen sobre IRI en el Artículo 450.

Todas las áreas de mezcla discontinua en caliente colocada y compactada, donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deberán ser corregidas por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

452.6 MEDIDA

Rige lo pertinente del numeral 400.6 del Artículo 400 y, en particular, lo indicado en el numeral 400.6.2.

452.7 FORMA DE PAGO

Rige lo pertinente del numeral 400.7 del Artículo 400, y en particular lo indicado en el numeral 400.7.3.

Se excluye del precio unitario de mezcla discontinua en caliente el suministro del cemento asfáltico modificado con polímeros o del cemento asfáltico adicionado con grano de caucho reciclado (asfalto- caucho) para la mezcla, que se pagará acuerdo con los Artículos 414 y 413, respectivamente.

452.8 ÍTEM DE PAGO

452.1 Mezcla discontinua en caliente tipo M-13	Metro cúbico (m ³)
452.2 Mezcla discontinua en caliente tipo M-10	Metro cúbico (m ³)
452.3 Mezcla discontinua en caliente tipo F-13	Metro cúbico (m ³)
452.4 Mezcla discontinua en caliente tipo F-10	Metro cúbico (m ³)

MEZCLA DRENANTE**ARTÍCULO 453 – 13****453.1 DESCRIPCIÓN**

Este trabajo consiste en la elaboración, transporte, colocación y compactación de una capa de mezcla asfáltica de tipo drenante, preparada y colocada en caliente, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los lineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos o determinados por el Interventor.

453.2 MATERIALES**453.2.1 Agregados pétreos y llenante mineral****453.2.1.1 Requisitos generales**

Los agregados pétreos y el llenante mineral deberán satisfacer los requisitos del Artículo 400, numeral 400.2.1. Adicionalmente, deberán cumplir con los requisitos de calidad de la Tabla 453 - 1.

Tabla 453 - 1. Requisitos de los agregados para mezcla drenante

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO
		NT2 y NT3
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%)	E-218	25
- 500 revoluciones		5
- 100 revoluciones		
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	20
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos	E-224	110
- Valor en seco, mínimo (kN)		75
- Relación húmedo/seco, mínimo (%)		
Coefficiente de pulimiento acelerado, mínimo	E-232	0.50
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de sodio, máximo (%)	E-220	18
Limpieza, agregado grueso (F)		
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	E-237	0.5

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO
		NT2 y NT3
Limpieza, gradación combinada (F)		
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	N.P
Equivalente de arena, mínimo (%) (Nota 1)	E-133	50
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 2)	E-235	10
Geometría de las partículas, agregado grueso (O)		
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%)	E-240	10
Caras fracturadas, mínimo (%): dos caras	E-227	100
Adhesividad (O)		
- Agregado grueso: Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo, mínimo (%)	E-757	Reportar
Agregado fino: adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método Riedel-Weber), índice mínimo	E-774	Reportar

Nota 1: El equivalente de arena que se exige en la Tabla 453 - 1 será el del agregado finalmente obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones (incluido el llenante mineral), según las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo y antes de pasar por el secador de la planta mezcladora. En caso de que no se cumpla el valor mínimo señalado en la Tabla 453 - 1, el agregado se aceptará si su equivalente de arena, medido en las mismas condiciones, es superior a 40 y, simultáneamente, el valor de azul de metileno, determinado mediante la norma de ensayo INV E- 235, es inferior a diez (10).

Nota 2: La determinación del valor de azul de metileno no es obligatoria si el equivalente de arena cumple con el valor mínimo señalado en la tabla.

453.2.1.2 Agregado fino

El agregado fino deberá proceder en su totalidad de la trituración de piedra de cantera o de grava natural, o parcialmente de fuentes naturales de arena. La proporción de arena natural no podrá exceder los valores indicados en la Tabla 453 - 2.

El material que se triture para obtener el agregado fino deberá cumplir con los requisitos de dureza y durabilidad establecidos para el agregado grueso en la Tabla 453 - 1.

Tabla 453 - 2. Proporción máxima de arena natural en el agregado

CARACTERÍSTICA	NIVEL DE TRÁNSITO	
	NT2	NT3
Proporción de arena natural: % de la masa total del agregado combinado	≤ 10	0
Proporción de arena natural: % de la masa total del agregado fino	≤ 50	0

453.2.1.3 Llenante mineral

El llenante mineral podrá provenir de los procesos de trituración y clasificación de los agregados pétreos, separándose de ellos por medio de los ciclones de la planta mezcladora, o podrá ser de aporte como producto comercial, generalmente cal hidratada o cemento hidráulico. La proporción de llenante mineral y los requisitos para el mismo deberán cumplir con lo mencionado en la Tabla 453 - 3.

Tabla 453 - 3. Proporción y requisitos del llenante mineral

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO	
		NT2	NT3
Proporción de llenante mineral de aporte: (% en masa del llenante total)	-	100	
Granulometría del llenante mineral de aporte: - % que pasa tamiz 425 µm (No. 40) - % que pasa tamiz 150 µm (No. 100) - % que pasa tamiz 75 µm (No. 200)	E -215	100 > 90 > 75	
Densidad bulk (g/cm ³)	E-225	0.5 a 0.8	
Vacíos del llenante seco compactado (%)	E-229	≥ 38	

453.2.1.4 Granulometría

El conjunto de agregado grueso, agregado fino y llenante mineral se deberá ajustar a la gradación indicada en la Tabla 453 - 4.

Tabla 453 - 4. Franja granulométrica para mezcla drenante

TIPO DE MEZCLA	TAMIZ (mm / U.S. Standard)						
	19.0	12.5	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
% PASA							
ÚNICA	100	70-100	50-75	15-32	9-20	5-12	3-7
TOLERANCIAS EN PRODUCCIÓN SOBRE LA FÓRMULA DE TRABAJO (±)	4 %			3 %			1 %

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el Constructor deberá dar lugar a una curva granulométrica sensiblemente paralela a los límites de la franja, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior del tamiz adyacente y viceversa.

453.2.2 Material bituminoso

El material bituminoso para elaborar la mezcla drenante será cemento asfáltico modificado con polímeros, que corresponda a los tipos I o II del Artículo 414. El tipo por utilizar, será el indicado en los documentos técnicos del proyecto.

453.2.3 Aditivos mejoradores de adherencia entre los agregados y el asfalto

Cuando se requieran, deberán cumplir los requisitos del Artículo 412. La dosificación y la dispersión homogénea del aditivo deberán tener la aprobación del Interventor.

El Constructor deberá garantizar que su incorporación no producirá ningún efecto nocivo a los agregados, al ligante asfáltico o a la mezcla. Cualquier efecto adverso en el comportamiento del pavimento, que se derive del empleo del aditivo, será de responsabilidad exclusiva del Constructor, quien deberá efectuar todas las reparaciones que requiera la mezcla compactada, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a satisfacción de éste.

453.3 EQUIPO

Al respecto, se aplica lo que resulte pertinente del numeral 400.3 del Artículo 400. En relación con el detalle del equipo necesario para la ejecución de los trabajos, adicionalmente se tendrá en cuenta lo que se indica a continuación.

Para la compactación se deberán utilizar compactadores de rodillos metálicos, estáticos o vibratorios. El equipo de compactación será aprobado por el Interventor, a la vista de los resultados obtenidos en la fase de experimentación.

453.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

453.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el Artículo 105, “Desarrollo y control de los trabajos”, numeral 105.13.3.

453.4.2 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

Rige todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.2 del Artículo 400.

Las mezclas drenantes se diseñarán a partir de probetas cilíndricas tipo Marshall, confeccionadas como se describe en la norma de ensayo INV E-760. Las temperaturas de mezcla y compactación dependerán de las características del ligante bituminoso que se emplee y se definirán en cada caso particular durante la etapa de diseño. La temperatura de elaboración de la mezcla deberá ser tal, que se obtenga una adecuada envuelta del agregado, sin que se produzcan escurrimientos del ligante.

El contenido óptimo de material bituminoso en la mezcla se deberá elegir de manera que se cumplan los siguientes criterios:

- Los vacíos con aire de la mezcla compactada, medidos como se indica en la norma de ensayo INV E-736, no deberán ser inferiores a veinte por ciento (20 %), ni mayores de veinticinco por ciento (25 %).
- Para asegurar que los vacíos con aire están debidamente interconectados, se realizará una prueba de permeabilidad. La capacidad de drenaje se mide colocando cien mililitros (100 ml) de agua en un molde conteniendo la probeta prehumedecida. El tiempo

que tarde el agua en atravesar la muestra no deberá exceder de quince segundos (15 s);

- Las pérdidas por desgaste a veinticinco grados Celsius (25° C), determinadas de acuerdo con el procedimiento descrito en la norma INV E-760, no deberán ser superiores a veinticinco por ciento (25 %);
- La dosificación del material bituminoso no podrá ser inferior a cuatro y medio por ciento (4.5 %), respecto de la masa seca de los agregados, incluido el llenante mineral;
- Se deberá comprobar, además, la adhesividad entre el agregado y el ligante, caracterizando la mezcla en presencia de agua. Al efecto, la pérdida por abrasión en el ensayo Cántabro, según la norma de ensayo INV E-760, tras ser sometidas las probetas a un proceso de inmersión en agua durante veinticuatro horas (24 h) a sesenta grados Celsius (60° C), no podrá exceder de cuarenta por ciento (40 %). Si se supera este valor, se deberá mejorar la adhesividad mediante un aditivo mejorador de adherencia apropiado.

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se podrá ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla o se rebasan de manera frecuente las tolerancias granulométricas establecidas en este Artículo, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

453.4.3 Preparación de la superficie existente

No se permitirá la colocación de la mezcla drenante mientras el Interventor no certifique que la capa sobre la cual se va a colocar es estructuralmente sana y que su superficie es impermeable y presenta una sección transversal apropiada.

Las áreas de la superficie existente donde se formen charcos en instantes de lluvia, requieren una capa de mezcla densa de nivelación antes de que se permita la extensión de la mezcla drenante.

No se permitirá la colocación de mezclas drenantes directamente sobre superficies fresadas.

La extensión de la mezcla drenante requiere la aplicación de un riego previo de liga, empleando una emulsión asfáltica modificada con polímeros, el cual se realizará conforme lo establece el Artículo 421.

Antes de aplicar la mezcla, se verificará que haya ocurrido el curado del riego de liga previo, no debiendo quedar restos de fluidificante ni de agua en la superficie. Si hubiera transcurrido mucho tiempo desde la aplicación del riego, se comprobará que su capacidad de liga con la mezcla no se haya mermado en forma perjudicial; si ello ha sucedido, el Constructor deberá efectuar un riego de liga adicional, en la cuantía que fije el Interventor. Si la pérdida de efectividad del riego anterior es imputable al Constructor, el nuevo riego deberá realizarlo sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Las excavaciones para bacheo, así como las operaciones de relleno con los materiales adecuados para restablecer la rasante de apoyo, se ejecutarán de acuerdo con las indicaciones del Artículo 465 para la excavación y de los Artículos que correspondan a los materiales empleados en el relleno de la misma.

453.4.4 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 400.4.3 del Artículo 400. Las temperaturas de extensión y compactación tienen especial importancia en el comportamiento de estas mezclas, razón por la cual se debe tener especial cuidado en su definición durante la fase de experimentación.

Así mismo, se deberá analizar la correspondencia entre el contenido de vacíos con aire de la mezcla compactada y la permeabilidad de la capa, medida según la norma de ensayo INV E-796.

453.4.5 Aprovisionamiento de los agregados

Los agregados se suministrarán fraccionados y se manejarán separados hasta su introducción en las tolvas en frío. El número de fracciones deberá ser tal, que sea posible, con la instalación que se utilice, cumplir las tolerancias exigidas en la granulometría de la mezcla. Cada fracción será suficientemente homogénea y se deberá poder acopiar y manejar sin peligro de segregación, observando las precauciones que se detallan a continuación. En el caso de plantas asfálticas del tipo tambor secador-mezclador no se permitirá, por ningún motivo, realizar una

predosificación de las fracciones de agregados antes de su vertimiento a las tolvas de agregados en frío.

Cada fracción del agregado se acopiará separada de las demás, para evitar intercontaminaciones. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se utilizarán los quince centímetros (15 cm) inferiores de los mismos. Los acopios se construirán por capas de espesor no superior a un metro y medio (1.5 m), y no por montones cónicos. Las cargas del material se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

Cuando se detecten anomalías en el suministro, los agregados se acopiarán por separado, hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se aplicará cuando se autorice el cambio de procedencia de un agregado.

453.4.6 Fabricación de la mezcla asfáltica

La carga de las tolvas en frío se realizará de forma que éstas contengan entre el cincuenta por ciento (50 %) y el cien por ciento (100 %) de su capacidad, sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones.

Las aberturas de salida de las tolvas en frío se regularán en forma tal, que la mezcla de todos los agregados se ajuste a la fórmula de trabajo de la alimentación en frío. El caudal total de esta mezcla en frío se regulará de acuerdo con la producción prevista, debiéndose mantener constante la alimentación del secador.

Los agregados se calentarán antes de su mezcla con el asfalto. El secador se regulará de forma que la combustión sea completa, indicada por la ausencia de humo negro en el escape de la chimenea. Siempre que se presenten síntomas de avería en el sistema de combustión; si la combustión es incompleta o si se advierte alguna contaminación por combustible en los agregados pétreos o en la mezcla, se detendrá la producción hasta que se identifiquen y corrijan las causas del problema. Si el polvo mineral recogido en los colectores cumple las condiciones exigidas al llenante y su utilización está prevista, se podrá introducir en la mezcla; en caso contrario, se deberá eliminar. El tiro de aire en el secador se deberá regular de forma adecuada, para que la cantidad y la granulometría del llenante recuperado sean uniformes. La dosificación del

llenante de recuperación y/o el de aporte se hará de manera independiente de los agregados y entre sí.

En las plantas de tipo discontinuo, se deberá comprobar que la unidad clasificadora en caliente proporcione a las tolvas en caliente agregados homogéneos; en caso contrario, se tomarán las medidas necesarias para corregir la heterogeneidad.

Los agregados preparados como se ha indicado anteriormente, y eventualmente el llenante mineral seco, se pesarán o medirán exactamente y se transportarán al mezclador en las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo.

Después de haber introducido en el mezclador los agregados y el llenante, se agregará automáticamente el material bituminoso calculado para cada bachada, el cual se deberá encontrar a la temperatura adecuada, y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

En ningún caso se introducirá en el mezclador el agregado caliente a una temperatura superior en más de quince grados Celsius (15° C) a la temperatura del asfalto.

En el momento de la mezcla, la temperatura del asfalto deberá ser tal, que se consiga la envuelta perfecta de los agregados, sin que se produzcan escurrimientos del ligante. El volumen de materiales en el mezclador no será tan grande que sobrepase los extremos de las paletas, cuando éstas se encuentren en posición vertical, siendo recomendable que no superen los dos tercios (2/3) de su altura. Todos los tamaños del agregado deberán estar uniformemente distribuidos en la mezcla y sus partículas total y homogéneamente cubiertas de ligante. La temperatura de la mezcla recién elaborada no excederá de la fijada durante la definición de la fórmula de trabajo.

En caso de utilizar adiciones al ligante o a la mezcla, se cuidará su correcta dosificación y su distribución homogénea, así como la conservación de sus características iniciales durante el proceso de fabricación.

Se rechazarán todas las mezclas heterogéneas, carbonizadas o sobrecalentadas, las mezclas con espuma, o las que presenten indicios de contaminación o de humedad. En este último caso, se retirarán los agregados de las correspondientes tolvas en caliente de las plantas de

tipo discontinuo. También, se rechazarán aquellas mezclas en las que la envuelta no sea perfecta.

453.4.7 Transporte de la mezcla

La mezcla se transportará a la obra en volquetas carpadas, hasta una hora del día en que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar correctamente con luz solar. Sólo se permitirá el trabajo en horas de la noche si, a juicio del Interventor, existe una iluminación artificial que permita la extensión y la compactación de manera adecuada.

Durante el transporte de la mezcla se deberán tomar las precauciones necesarias para que al descargarla en el equipo de transferencia o en la máquina pavimentadora, su temperatura no sea inferior a la mínima que se determine como aceptable durante la fase de experimentación.

Antes de abordar cualquier vía pavimentada, se deberán limpiar perfectamente las llantas de los vehículos destinados al transporte de la mezcla. Los vehículos de transporte de mezcla deberán mantener al día los permisos de tránsito y ambientales requeridos y sus cargas por eje y totales se deberán encontrar dentro de los límites fijados por la resolución vigente del Ministerio de Transporte.

453.4.8 Transferencia de la mezcla

Si el Constructor dispone de una máquina para la transferencia de la mezcla asfáltica (shuttle buggy), la volqueta descargará la mezcla en la tolva de almacenamiento de la máquina, cuyas bandas transportadoras se encargarán de alimentar la pavimentadora, sin que ésta sea tocada por las llantas de la volqueta, favoreciendo de esta manera la regularidad superficial.

453.4.9 Extensión de la mezcla

La mezcla recibida de la volqueta o de la máquina de transferencia será extendida con máquinas pavimentadoras, de modo que se cumplan los alineamientos, anchos y espesores señalados en los planos o determinados por el Interventor.

A menos que el Interventor expida una instrucción en contrario, la extensión se realizará en franjas longitudinales y comenzará a partir del borde de la calzada en las zonas por pavimentar con sección bombeada, o en el lado inferior en las secciones peraltadas. Siempre que resulte

posible, se evitarán las juntas longitudinales realizando la extensión en ancho completo, trabajando si es necesario con dos (2) o más pavimentadoras ligeramente desfasadas. Si por razones prácticas de la obra ello no resulta posible, se deberá trabajar de manera que las juntas longitudinales coincidan con una limatesa del pavimento.

La pavimentadora se regulará de manera que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin arrastres ni segregaciones, y con un espesor tal que, luego de compactada, se ajuste a la rasante y sección transversal indicadas en los planos, con las tolerancias establecidas en la presente especificación. Por ningún motivo se permitirá el empleo de máquinas pavimentadoras que dejen marcas o depresiones en la superficie u otros defectos permanentes en ella.

Tampoco se permitirá la segregación de la mezcla. Si ella ocurre, su extensión deberá ser suspendida inmediatamente hasta que su causa sea determinada y corregida. Toda área segregada o con irregularidades que no sea corregida antes de la compactación, deberá ser removida y reemplazada con material apropiado, a expensas del Constructor.

La colocación de la mezcla se realizará con la mayor continuidad posible, ajustando la velocidad de la pavimentadora a la producción de la planta asfáltica, de manera que aquella sufra el menor número de detenciones.

En caso de trabajo intermitente, se comprobará que la temperatura de la mezcla que quede sin extender en la tolva o bajo la pavimentadora no baje de la especificada para el inicio de la compactación; de lo contrario, se deberá ejecutar una junta transversal.

En los sitios en los que a juicio del Interventor no resulte posible el empleo de máquinas pavimentadoras, la mezcla se podrá extender a mano. La mezcla se descargará fuera de la zona que se vaya a pavimentar, y distribuirá en los lugares correspondientes mediante procedimientos aprobados por aquel, en una capa uniforme y de espesor tal que, una vez compactada, se ajuste a los planos o instrucciones del Interventor, con las tolerancias establecidas en la presente especificación.

453.4.10 Compactación de la mezcla

La compactación se realizará según el plan aprobado por el Interventor como resultado de la fase de experimentación. Deberá comenzar, una vez extendida la mezcla, a la temperatura más alta posible con que ella pueda

soportar la carga a que se somete, sin que se produzcan desplazamientos indebidos.

La compactación se realizará longitudinalmente de manera continua y sistemática. Deberá empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas en donde el cilindrado avanzará del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma aprobada por el Interventor, hasta que la superficie total haya sido compactada. Si la extensión de la mezcla se ha realizado por franjas, al compactar una de ellas se ampliará la zona de compactación para que incluya al menos quince centímetros (15 cm) de la anterior.

Los rodillos deberán llevar su rueda motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el Interventor, y sus cambios de dirección se harán sobre la mezcla ya compactada. Los elementos de compactación deberán estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos. No se permitirán, sin embargo, excesos de agua.

Las mezclas drenantes requieren un menor esfuerzo de compactación que las mezclas densas. El número de pasadas deberá ser el establecido durante la fase de experimentación y será lo suficientemente bajo para prevenir excesos de compactación que reduzcan el volumen de aire en la mezcla. Igualmente, las temperaturas requeridas para la compactación también son menores, pero se debe tener cuidado de terminar el proceso con prontitud debido a que, por el limitado espesor de la capa y su elevado contenido de vacíos, la mezcla pierde temperatura rápidamente.

La compactación se deberá realizar de manera continua durante la jornada de trabajo y se complementará con el trabajo manual necesario para la corrección de todas las irregularidades que se puedan presentar. Sin embargo, las correcciones mediante procedimientos manuales se deberán evitar al máximo, a causa de la aspereza de la mezcla.

La temperatura de la mezcla se deberá verificar al comienzo y al final del proceso de compactación.

453.4.11 Juntas de trabajo

Las juntas de trabajo de las mezclas drenantes deberán permitir siempre el libre flujo de agua a través de la capa compactada. Si la construcción de juntas longitudinales es inevitable, al extender franjas contiguas no suele

ser necesario el corte de la junta si ella no se produce en una limatesa del pavimento. Por ningún motivo se permitirá la aplicación de un riego de liga sobre la superficie de contacto entre las dos (2) franjas.

Las juntas transversales en la capa de rodadura drenante se deberán construir en forma diagonal, con el punto más avanzado en la parte más alta de la franja que se compacta, de tal forma que si la junta forma una barrera, la pendiente permita la salida del agua hacia el exterior. La compactación de estas juntas se realizará en sentido transversal, disponiendo los apoyos adecuados para los elementos de compactación.

453.4.12 Apertura al tránsito

Alcanzado el nivel de compactación exigido, el tramo pavimentado se podrá abrir al tránsito tan pronto la capa alcance la temperatura ambiente en todo su espesor.

453.4.13 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la extensión y compactación de la mezcla en momentos de lluvia, ni cuando haya fundado temor que ella ocurra o cuando la temperatura ambiente a la sombra y la del pavimento sean inferiores a ocho grados Celsius (8° C).

Los trabajos de construcción de la mezcla drenante se deberán efectuar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente en las horas de luz solar.

453.4.14 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

453.4.15 Reparaciones

Todos los defectos no advertidos durante la colocación y compactación, tales como protuberancias, juntas irregulares, depresiones,

irregularidades de alineamiento y de nivel, deberán ser corregidos por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor. El Constructor deberá proporcionar trabajadores competentes, capaces de ejecutar a satisfacción el trabajo eventual de correcciones en todas las irregularidades del pavimento construido.

453.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

453.5.1 Controles

Rige lo que resulte aplicable del numeral 400.5.1 del Artículo 400.

453.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

453.5.2.1 Calidad del ligante asfáltico

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para el cemento asfáltico modificado con polímeros serán los establecidos en el Artículo 414.

453.5.2.2 Calidad de los agregados pétreos y del llenante mineral

453.5.2.2.1 Aprobación inicial

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deberán realizar los ensayos que se encuentran indicados en la Tabla 453 - 1.

Así mismo, para cada procedencia del llenante mineral y para cualquier volumen previsto, se tomarán dos (2) muestras y sobre ellas se determinará la densidad aparente, según la norma INV E-225. Los resultados de estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas en 453.2.01.C, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

453.5.2.2.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se ordenará el retiro de los

agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, se ordenará acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas, y plasticidad, y vigilará la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, se efectuarán las verificaciones de calidad indicadas en la Tabla 453 - 5 para los agregados grueso y fino y en la Tabla 453 - 6 para el llenante mineral de aporte.

Tabla 453 - 5. Ensayos de verificación sobre los agregados para las mezclas drenantes

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos	E-224	1 por mes
Coefficiente de pulimiento acelerado	E-232	Cuando cambie la procedencia de los agregados
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza, agregado grueso (F)		
Impurezas en agregado grueso	E-237	1 por semana
Limpieza, gradación combinada (F)		
Índice de plasticidad	E-125 y 126	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana
Valor de azul de metileno (Nota 1)	E-235	1 por semana
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)		
Partículas planas y alargadas, relación 5:1	E-240	1 por semana
Caras fracturadas	E-227	1 por jornada
Geometría de las partículas, agregado fino (F)		
Angularidad de la fracción fina, método A	E-239	1 por jornada
Adhesividad, gradación combinada (O)		
Resistencia conservada en tracción indirecta	E-725	80

Nota 1: En caso de que no se cumpla el valor mínimo de equivalente de arena señalado en la Tabla 453 - 1.

Tabla 453 - 6. Ensayos de verificación sobre el llenante mineral de aporte para las mezclas drenantes

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Granulometría	E-123	1 por suministro
Densidad bulk	E-225	1 vez a la semana y siempre que cambie la procedencia del llenante

El Interventor podrá autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en las Tablas 453 - 5 y 453 - 6, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En ningún caso se permitirá el empleo de agregados minerales que no satisfagan los requisitos pertinentes del numeral 453.2.1. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado insatisfactorio, se tomarán dos muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos de comprobación deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

453.5.2.3 Composición de la mezcla

A la salida del mezclador o del silo de almacenamiento, sobre cada vehículo de transporte, se controlará el aspecto de la mezcla y medirá su temperatura. El Interventor rechazará todas las mezclas segregadas, carbonizadas o sobrecalentadas, así como las mezclas con espuma, aquellas cuya envuelta no sea homogénea y las que presenten indicios de humedad o de contaminación por combustible. En este último caso y cuando la planta sea de tipo discontinuo, se deberán retirar los agregados de las correspondientes tolvas en caliente.

Cuantitativamente, se realizarán los siguientes controles:

453.5.2.3.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 453.5.2.5.1, se determinará el contenido de asfalto residual (Norma de ensayo INV E-732).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART%) tendrá una tolerancia de tres por mil (0.3 %), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (ARF%).

$$ARF\% - 0.3\% \leq ART\% \leq ARF\% + 0.3\% \quad [453.1]$$

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI %), no podrá diferir del valor promedio (ART %) en más de medio por ciento (0.5 %), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$ART\% - 0.5\% \leq ARI\% \leq ART\% + 0.5\% \quad [453.2]$$

Un porcentaje de asfalto residual promedio (ART %) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso del ligante, el Constructor demuestre que no habrá problemas de comportamiento de la mezcla, ni de inseguridad para los usuarios.

En caso de rechazo, la capa de mezcla drenante correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será propiedad del Constructor.

453.5.2.3.2 Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados.

La curva granulométrica de cada ensayo individual deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la Tabla 453 - 4, pero sin permitir que la curva se salga de la franja.

En el caso de que los valores obtenidos excedan las tolerancias, pero no salgan de la franja, el Constructor deberá preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje medio de asfalto de la mezcla elaborada con este agregado. Ella se someterá a las pruebas de valoración descritas en el aparte 453.4.2. Si todos los requisitos allí indicados se cumplen, se aceptará el lote. En caso contrario, se rechazará.

En caso de rechazo, la capa de mezcla drenante correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será propiedad del Constructor.

453.5.2.4 Calidad de la mezcla**453.5.2.4.1 Resistencia**

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada, se moldearán probetas (tres por muestra), para el ensayo Cántabro (norma de ensayo INV E-760) y a ellas se les determinará su gravedad específica bulk (norma de ensayo INV E-802) para el cálculo de vacíos con aire.

Con tres de las probetas se medirá la pérdida por abrasión en seco y con las otras tres se determinará

la pérdida por abrasión luego de un período de inmersión en agua a sesenta grados Celsius (60° C) durante veinticuatro horas (24 h).

Los valores promedio de pérdida de ambos grupos deberán satisfacer los criterios descritos en el numeral 453.4.2. Ninguna de las probetas podrá presentar una pérdida mayor en veinte por ciento (20 %) de la máxima admisible para cada grupo.

El incumplimiento de alguna de estas exigencias acarrea el rechazo del lote representado por las muestras. En este caso, la capa de mezcla drenante correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será propiedad del Constructor.

453.5.2.4.2 Vacíos con aire

Se determinará la gravedad específica máxima (D_{mm}) sobre una muestra una muestra representativa de la mezcla del lote, mediante las normas de ensayo INV E-735 o INV E-803.

Para cada una de las probetas moldeadas según el numeral anterior, se calcularán los vacíos con aire mediante la norma de ensayo INV E-736, a partir de su gravedad específica bulk y de la gravedad específica máxima de la muestra representativa del lote. El valor promedio de los vacíos con aire de las seis (6) probetas no podrá diferir en más de dos puntos porcentuales ($\pm 2\%$) del definido al establecer las fórmula de trabajo y, simultáneamente, se deberá encontrar en el rango que se establece en el numeral 453.4.2, sin que ningún valor individual se pueda salir de él en más de tres puntos porcentuales ($\pm 3\%$).

El incumplimiento de alguna de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las

muestras. En este caso, la capa de mezcla drenante correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será propiedad del Constructor.

453.5.2.5 Calidad del producto terminado

453.5.2.5.1 Tamaño del lote

Se considerará como “lote” que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500 m) de mezcla drenante colocada en todo el ancho de la calzada;
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de mezcla drenante colocada;
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

453.5.2.5.2 Aspectos generales

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se esté construyendo, excluyendo sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Interventor. La cota de cualquier punto de la mezcla drenante compactada, no deberá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además, se harán las siguientes verificaciones:

453.5.2.5.3 Compactación

Las verificaciones de la compactación de la capa se realizarán en una proporción de cuando menos

cinco (5) por lote. Los sitios para las mediciones se elegirán al azar de acuerdo con la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro. El porcentaje promedio de vacíos con aire en la mezcla no podrá variar en más de tres puntos porcentuales ($\pm 3\%$) del obtenido en la fórmula de trabajo y, simultáneamente, se deberá encontrar en el rango que se establece en el numeral 453.4.2. Además, no más de tres (3) individuos del lote ensayado podrán presentar valores que difieran en más de cuatro puntos porcentuales ($\pm 4\%$) del obtenido al establecer la fórmula de trabajo.

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del lote por parte del Interventor. En caso de rechazo, la capa de mezcla drenante correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

453.5.2.5.4 Espesor

Sobre la base del lote escogido para el control de la compactación y en los mismos puntos de verificación, se determinará el espesor promedio de la capa compactada (e_m), el cual no podrá ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad [453.3]$$

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño, admitiéndose un (1) solo valor por debajo de dicho límite, siempre que este último valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.90 e_d$$

[453.4]

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del lote por parte del Interventor. En este caso, la capa de mezcla drenante correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

453.5.2.5.5 Planicidad

La superficie acabada no podrá presentar irregularidades mayores de diez milímetros (10 mm) cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793; la regla se colocará tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja al azar el Interventor, los cuales no podrán estar afectados por cambios de pendiente. Las zonas que presenten deficiencias de este tipo deberán ser fresadas y repuestas por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, y a plena satisfacción del Interventor. El material fresado será de propiedad del Constructor.

453.5.2.5.6 Textura

Las medidas de textura se realizarán a los pocos días de terminada la capa, empleando el método descrito en la norma de ensayo INV E-791.

El número mínimo de puntos a controlar por lote será de tres (3), que se ampliarán a cinco (5) si la textura obtenida en uno de los tres (3) primeros es inferior a la especificada. Dichos puntos se elegirán al azar, de acuerdo con la norma INV E-730. Después de diez (10) lotes consecutivos aceptados, el Interventor podrá reducir la frecuencia de los ensayos.

La profundidad promedio de textura del lote no podrá ser menor de quince décimas de milímetro (1.5 mm), sin que ningún valor individual sea inferior en más de veinte por ciento (20 %) al promedio mínimo exigido.

El incumplimiento de al menos uno de estos requisitos implicará el rechazo del lote representado por los ensayos. En tal caso, se deberá remover la capa drenante correspondiente al lote y colocar una nueva capa drenante del mismo espesor, por cuenta del Constructor, a plena satisfacción del Interventor y sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías. El material removido será de propiedad del Constructor.

453.5.2.5.7 Resistencia al deslizamiento

Una vez transcurrido, como mínimo treinta (30) días de la puesta en servicio de la capa de mezcla drenante, se harán las determinaciones de la resistencia al deslizamiento.

Debido a que este parámetro se encuentra relacionado directamente con la seguridad de los usuarios, los puntos para su determinación no se elegirán al azar, sino que serán ubicados por el Interventor en los lugares que considere más sensibles al deslizamiento vehicular en condición de superficie húmeda.

Las medidas se realizarán con el péndulo británico, en acuerdo con la norma de ensayo INV E-792, en tres (3) puntos por lote en zonas en tangente y en uno (1) por cada curva horizontal y por cada zona singular (glorieta, intersección, zona de frenado, etc.) incluida dentro del lote, y ninguna de ellas podrá presentar un valor inferior al límite indicado en la Tabla 453 - 7.

Tabla 453 - 7. Valores mínimos admisibles del coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo británico

ZONA DE LA CARRETERA	COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO, MÍNIMO
Zonas de tangente	0.55
Otras zonas	0.60

La resistencia al deslizamiento se puede verificar también con dispositivos de rueda parcialmente bloqueada (INV E-815). En tal caso, la especificación particular indicará el equipo autorizado, así como los valores mínimos por alcanzar, los cuales deberán ser, cuando menos, equivalentes a los señalados en la Tabla 453 - 7 para el péndulo británico

En caso de que se presenten valores menores, el Interventor adelantará medidas adicionales para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual deberá ser corregida por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, bajo el mismo criterio exigido en el inciso precedente para remediar los incumplimientos en cuanto a textura.

453.5.2.5.8 Regularidad superficial (rugosidad)

El Índice Internacional de Rugosidad (IRI) se comprobará de manera continua en toda la longitud de la obra y en cada carril, antes del recibo definitivo de la misma. Para los efectos de aceptación del pavimento terminado, este Artículo establece que la determinación del IRI se deberá realizar, únicamente, con procedimientos de medida de precisión o con equipos de referencia inercial.

Las medidas de precisión se podrán adelantar con mira y nivel, de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma INV E-794 o con un perfilómetro pivotante de alta precisión, norma INV E-814.

Si se opta por el equipo de referencia inercial, éste se deberá validar previamente con uno de precisión en un tramo de prueba de longitud no menor de doscientos metros (200 m). El equipo de referencia inercial se deberá operar de acuerdo con la norma ASTM E 950.

Para efectos de la evaluación con fines de recibo, las medidas se harán en cada uno de los carriles del pavimento construido y los valores del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) se presentarán en m/km, en tramos consecutivos de cien metros (100 m) por carril, con la excepción que se cita en el párrafo siguiente. Un conjunto de cinco (5) tramos constituirá un lote.

No habrá exigencia sobre el cumplimiento de regularidad superficial en tramos que incluyan singularidades, entendiendo por tales todas aquellas alteraciones del perfil longitudinal de la carretera que incrementen el IRI y no provengan de deficiencias constructivas, como pueden ser intersecciones con otras vías, puentes, pozos de inspección, reductores de velocidad, etc., los cuales será definidos por el Interventor, con su ubicación respectiva (carril y abscisa), antes de proceder a la determinación del índice internacional de rugosidad (IRI).

Se entenderá que la superficie del pavimento tiene una regularidad superficial aceptable, si a lo largo de la longitud evaluada en cada carril se satisfacen los valores indicados en la Tabla 453 - 8.

Si los resultados de IRI exceden los límites especificados en la Tabla 453 - 8, toda la longitud del lote deberá ser fresada y repuesta en el mismo espesor. El fresado, traslado y disposición del material demolido y la reconstrucción de la capa, con la calidad exigida por el presente Artículo, serán a expensas del Constructor. El material demolido será de propiedad del Constructor. Éste, a su vez, no

podrá invocar las reconstrucciones motivadas por deficiencias en la regularidad superficial, como causas justificativas del incumplimiento en el programa de trabajo.

Tabla 453 - 8. Valores máximos admisibles de IRI (m/km), para tránsitos NT2 y NT3

PORCENTAJE DE HECTÓMETROS	PAVIMENTOS DE CONSTRUCCIÓN NUEVA Y REHABILITADOS EN ESPESOR ≥ 100 mm	PAVIMENTOS REHABILITADOS EN ESPESOR < 100 mm
40	1.4	1.9
80	2.0	2.5
100	2.5	3.0

453.5.2.5.9 Segregación térmica

El Constructor deberá entregar al Interventor un registro fotográfico, tomado con cámara infrarroja, de las temperaturas de extensión y compactación de toda la mezcla colocada, debidamente referenciadas (norma de ensayo INV E-788).

Estas fotografías, que serán incluidas en el informe final de Interventoría, servirán al Instituto Nacional de Vías como antecedente técnico si se presentan deterioros de la capa de mezcla drenante durante el período de garantía, como consecuencia de la segregación térmica durante la construcción.

Todas las áreas de mezcla drenante colocada y compactada, donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deberán ser corregidas por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

453.6 MEDIDA

Rige lo descrito en el numeral 400.6 y, en particular, en el numeral 400.6.2 del Artículo 400.

453.7 FORMA DE PAGO

Rige lo descrito en el numeral 400.7 y, en particular, en el 400.7.03 del Artículo 400.

Se excluye del precio unitario el suministro del cemento asfáltico modificado con polímeros para la mezcla, el cual se pagará de acuerdo con el Artículo 414.

453.8 ÍTEM DE PAGO

453.1 Mezcla drenante

Metro cúbico(m³)

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO

ARTÍCULO 460 – 13

460.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el fresado en frío parcial o total de las capas asfálticas de un pavimento, de acuerdo con los alineamientos, cotas y espesores indicados en los documentos del proyecto y las instrucciones del Interventor.

460.2 MATERIALES

Este requisito no es aplicable en la presente especificación.

460.3 EQUIPO

El equipo para la ejecución de los trabajos deberá ser una máquina fresadora cuyo estado, potencia y capacidad productiva garanticen el correcto cumplimiento del plan de trabajo. Si durante el transcurso de los trabajos el Interventor observa deficiencias o mal funcionamiento de la máquina, ordenará su inmediata reparación o reemplazo.

460.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

460.4.1 Preparación de la superficie existente

Inmediatamente antes de las operaciones de fresado, la superficie de pavimento se deberá encontrar limpia y, por lo tanto, el Constructor deberá adelantar las operaciones de barrido y/o soplado que se requieran para lograr tal condición.

460.4.2 Fresado del pavimento

El fresado se efectuará sobre el área y espesor que apruebe el Interventor, a temperatura ambiente y sin adición de solventes u otros productos ablandadores que puedan afectar la granulometría de los agregados o las propiedades del asfalto existente.

El material extraído como resultado del fresado, deberá ser transportado y acopiado en los lugares que indiquen los documentos del proyecto o que establezca el Interventor y será de propiedad del Instituto Nacional de Vías. Se exceptúan de esta disposición los materiales provenientes de las capas de una construcción nueva que deban ser fresadas por el Constructor como resultado de deficiencias en los trabajos de pavimentación que esté ejecutando y cuyo retiro sea ordenado por el Interventor, sin medida ni pago por parte del Instituto Nacional de Vías. En tal caso, el material fresado será de propiedad del Constructor quien, además, deberá realizar a su costa el cargue, transporte, descargue y disposición en vertedero de dichos materiales.

Durante el manipuleo del material fresado, se deberá evitar su contaminación con suelos u otros materiales extraños.

En proximidades de sardineles y en otros sitios inaccesibles al equipo de fresado, el pavimento se deberá remover empleando otros métodos que den lugar a una superficie apropiada.

El trabajo de fresado se podrá realizar en varias capas, hasta alcanzar el espesor del proyecto, debiendo quedar una superficie nivelada y sin fracturas.

En la eventualidad de que al término de una jornada de trabajo no se complete el fresado en todo el ancho de la calzada, los bordes verticales, en sentido longitudinal, cuya altura supere cinco centímetros (5 cm), se deberán suavizar de manera que no impliquen peligro para el tránsito automotor. Igual precaución se tomará en los bordes transversales que queden al final de cada jornada.

Cualquiera que sea el método utilizado por el Constructor, los trabajos de fresado no deberán producir daños a objetos, estructuras y plantas que se encuentren cerca a la zona de acción de sus equipos y, por lo tanto, deberá tomar las precauciones que corresponda, siendo de su responsabilidad todos los daños y perjuicios que se ocasionen en dichos elementos durante el desarrollo de los trabajos. Al efecto, el Interventor estará facultado para exigir la modificación o el incremento de todas las medidas de seguridad que se hayan adoptado inicialmente.

460.4.3 Limitaciones en la ejecución

Los trabajos de fresado se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

460.4.4 Manejo ambiental

En relación con el manejo ambiental, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400, “Disposiciones generales para la ejecución de riegos de imprimación, liga y curado, tratamientos superficiales, sellos de arena asfalto, lechadas asfálticas, mezclas asfálticas en frío y en caliente y reciclado de pavimentos asfálticos”.

460.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

460.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se verificará el funcionamiento del equipo empleado y se levantarán los perfiles que el Interventor considere necesarios.

El Interventor se abstendrá de aceptar en el acopio cualquier material fresado que resulte contaminado como resultado de un manipuleo incorrecto por parte del Constructor.

460.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**460.5.2.1 Espesor fresado**

Se admitirá una tolerancia de las cotas de la superficie resultante, respecto de las de proyecto, hasta de cinco milímetros (5 mm). Los tramos donde se supere esta tolerancia se deberán someter a tratamiento adicional por parte del Constructor de acuerdo con las instrucciones del

Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

460.5.2.2 Regularidad superficial

Cuando sobre la superficie fresada se vaya a construir un tratamiento superficial, una lechada asfáltica o una mezcla discontinua en caliente, se comprobará el índice internacional de rugosidad (IRI) en toda la longitud fresada y en cada carril, antes de su recibo definitivo. Su determinación se realizará con un procedimiento de precisión o por medio de un sistema de referencia inercial.

Las medidas de precisión se podrán adelantar con mira y nivel, de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma INV E-794 o con un perfilómetro pivotante de alta precisión, norma INV E-814.

Si se opta por el equipo de referencia inercial, éste se deberá validar previamente con uno de precisión en un tramo de prueba de longitud no menor de doscientos metros (200 m). El equipo de referencia inercial se deberá operar de acuerdo con la norma ASTM E 950.

Para efectos de la evaluación con fines de recibo, las medidas se harán en cada uno de los carriles de la superficie fresada y los valores del índice de rugosidad internacional (IRI) se presentarán en m/km, en tramos consecutivos de cien metros (100 m) por carril, con la excepción que se cita en el párrafo siguiente. Un conjunto de cinco (5) tramos constituirá un lote.

No habrá exigencia sobre el cumplimiento de regularidad superficial en tramos que incluyan singularidades, entendiendo por tales todas aquellas alteraciones del perfil longitudinal de la carretera que incrementen el IRI y no provengan de deficiencias en el procedimiento de fresado, como pueden ser intersecciones con otras vías, puentes, pozos de inspección, etc., los cuales será definidos por el Interventor, con su ubicación respectiva (carril y abscisa), antes de proceder a la medida del perfil longitudinal.

Se entenderá que la superficie fresada tiene una regularidad superficial aceptable, si a lo largo de la longitud evaluada en cada carril se satisfacen los valores indicados en la Tabla 460 - 1.

Tabla 460 - 1. Valores máximos admisibles de IRI

PORCENTAJE DE HECTÓMETROS	IRI (m/km)
40	1.9
80	2.5
100	3.0

Si los resultados de rugosidad exceden estos límites, los defectos de regularidad se corregirán mediante un fresado adicional en los tramos que, a juicio del Interventor, incidan en el incumplimiento. Los espesores por fresar en cada tramo serán establecidos por el Interventor y todos los costos que impliquen estas correcciones, serán asumidos por el Constructor. El material fresado por esta razón, será de propiedad del Instituto Nacional de Vías.

460.6 MEDIDA

La unidad de medida del pavimento asfáltico fresado será el metro cuadrado (m^2), aproximado al entero, de superficie fresada de acuerdo con las exigencias de esta especificación y los alineamientos, cotas y espesores señalados en los documentos del proyecto y las instrucciones del Interventor.

El área tratada se determinará multiplicando la longitud fresada por el ancho tratado, el cual estará establecido en los planos del proyecto o será fijado por el Interventor. No se medirá ningún área por fuera de tales límites.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

460.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y a satisfacción plena del Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de limpieza previa que requiera la superficie, el fresado para alcanzar las cotas o espesores que indique el proyecto o autorice el Interventor; el cargue, transporte, descarga y acopio del material fresado en los sitios establecidos; la reparación a satisfacción de todos los elementos que hayan sido afectados por la ejecución de los trabajos; la señalización preventiva y el ordenamiento del tránsito público durante el lapso de ejecución de los trabajos y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del fresado del pavimento asfáltico.

El precio unitario deberá incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

460.8 ÍTEM DE PAGO

460.1 Fresado de pavimento asfáltico en espesor de _____ Metro cuadrado
cm (m²)

Nota: se deberá fijar un ítem de pago para cada espesor de fresado que se especifique en los documentos del contrato.

RECICLADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN FRÍO EN EL LUGAR EMPLEANDO LIGANTES BITUMINOSOS

ARTÍCULO 461 – 13

461.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la disgregación de las capas asfálticas y parte de la base granular de un pavimento existente, de acuerdo con las profundidades de corte señaladas en los documentos del proyecto o indicadas por el Interventor; la eventual adición de nuevos materiales pétreos, agua, mejoradores de adherencia, controladores de rotura, puzolanas y otros elementos de aporte; la incorporación de emulsión asfáltica o cemento asfáltico espumado; y la mezcla, extensión, compactación y curado de los materiales tratados, de acuerdo con los planos del proyecto y las instrucciones del Interventor.

461.2 MATERIALES

461.2.1 Agregados pétreos

461.2.1.1 Agregados pétreos resultantes de la pulverización del pavimento

Los agregados pétreos resultantes de la pulverización mecánica de las capas de pavimento en el espesor indicado en el proyecto y ajustado por el Interventor cuando corresponda, deberán cumplir con la granulometría indicada en la Tabla 461 - 1.

Tabla 461 - 1. Franja granulométrica de los agregados reciclados en frío en el lugar empleando ligantes bituminosos

MATERIAL	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	1 ½"	1"	¾"	⅜"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
	% PASA							
PULVERIZADO DEL PAVIMENTO EXISTENTE, AJUSTADO CON MATERIAL DE ADICIÓN CUANDO SE REQUIERA	100	75-100	65-100	45-75	30-60	20-45	10-30	5-20

461.2.1.2 Agregados pétreos de adición

En el caso de que se requiera la adición de material pétreo para satisfacer el requisito de gradación, éste deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 461 - 2.

Tabla 461 - 2. Requisitos de los agregados de adición para reciclado del pavimento existente

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO		
		NT-1	NT-2	NT-3
Dureza, agregado grueso (O)				
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%)	E-218	40	40	40
Degradación en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	30	25
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos				
- Valor en seco, mínimo (kN)	E-224	-	-	70
- Relación húmedo/seco, mínimo (%)				75
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos de magnesio, máximo (%)	E-220			
- Agregado grueso		18	18	18
- Agregado fino		18	18	18
Limpieza, gradación combinada (F)				
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	N. P	N,P	N.P
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	30	30	30
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 1)	E-235	10	10	10
Terrones de arcilla y partículas deleznable, máximo (%)	E-211	2	2	2
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)				
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%)	E-240	10	10	10
Caras fracturadas, mínimo (%): una cara / dos caras	E-227	50 / -	50 / -	50 / -
Geometría de las partículas, agregado fino (F)				
Angularidad de la fracción fina, método A, mínimo (%)	E-239	-	35	35
Resistencia del material (F)				
CBR (%): Porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca en el Artículo 330, "Base granular", medido en una muestra sometida a cuatro días de inmersión, mínimo.	E-148	80	80	100
Adhesividad, gradación combinada				
Resistencia conservada inmersión – compresión, mínimo (%)	E - 622	50	50	50

Nota 1: El ensayo de valor de azul de metileno solo será exigido cuando el equivalente de arena del material de adición sea inferior a treinta (30), pero igual o superior a veinticinco (25)

Es recomendable que el agregado de adición tenga características mineralógicas similares a las del agregado que se recicla, con el fin de evitar que el ligante tenga diferente adhesividad con cada uno de los componentes.

El producto del porcentaje que pasa el tamiz de 75 μ m (No. 200) del agregado combinado por su índice de plasticidad, no podrá ser mayor de setenta y dos (72).

461.2.2 Materiales bituminosos

Para los reciclados en frío en el lugar con emulsión asfáltica, ésta será de rompimiento lento, del tipo CRL-1, cuyo residuo de destilación tenga una penetración entre cien y doscientas cincuenta (100–250) décimas de milímetro, que sea compatible con los agregados pétreos, la cual deberá cumplir con los requisitos de calidad establecidos en el Artículo 411. Si se requiere una emulsión de diferentes características, de efecto regenerante por ejemplo, ella deberá ser objeto de una especificación particular.

Se deberá comprobar, además, la compatibilidad de la emulsión asfáltica con el material fresado mediante el ensayo de envuelta y resistencia al desplazamiento sin adición de carbonato de calcio, según la norma de ensayo INV E-769.

Para los reciclados con cemento asfáltico espumado, el ligante será de penetración 80-100, compatible con los agregados pétreos, el cual deberá cumplir con los requisitos de calidad establecidos en el Artículo 410. Si se requiere un cemento asfáltico de diferentes características, éste deberá ser objeto de una especificación particular.

En cualquier caso, se prohíbe la adición de fluidificantes ligeros o crudos de petróleo para producir el reblandecimiento del asfalto del pavimento existente.

461.2.3 Puzolanas

Se consideran como tales, algunos llenantes comerciales que complementan la acción del ligante asfáltico en cuanto a su reactividad. Los más utilizados son el cemento hidráulico, la cal hidratada y las cenizas volantes, cuyas características se deberán establecer en una especificación particular.

Si los llenantes son adicionados con el propósito de controlar la rotura de la emulsión asfáltica, no se considerarán como puzolanas y, en consecuencia, no habrá pago separado por su suministro.

461.2.4 Aditivos mejoradores de adherencia entre los agregados y el asfalto

Cuando se requieran, se deberán ajustar a lo descrito en el Artículo 412. La dosificación y dispersión homogénea del aditivo, deberán tener la aprobación del Interventor.

El Constructor deberá garantizar que su incorporación no producirá ningún efecto nocivo a los agregados, al ligante asfáltico o a la mezcla. Cualquier efecto adverso en el comportamiento del pavimento, que se derive del empleo del aditivo, será de responsabilidad exclusiva del Constructor, quien deberá efectuar todas las reparaciones que requiera la mezcla compactada, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a satisfacción de éste, sin cargo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

461.2.5 Agua

El agua requerida para el humedecimiento previo de los agregados pétreos deberá ser limpia y libre de materia orgánica. Puede ser agua potable; si no lo es, deberá cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 461 - 3.

Tabla 461 - 3. Requisitos del agua no potable para reciclados en frío en el lugar empleando ligantes bituminosos

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO ASTM	REQUISITO
pH	D 1293	5.5 - 8.0
Contenido de sulfatos, expresado como $\text{SO}_4^{=}$, g/l máximo	D 516	1.0

461.3 EQUIPO

En adición a lo que resulte aplicable del numeral 400.3 del Artículo 400, el equipo para los trabajos aquí especificados deberá contar con elementos para la explotación, cargues, transportes, trituración, lavado cuando se requiera, y clasificación de los eventuales agregados pétreos de adición para la corrección

granulométrica; para la extracción de agua; para el almacenamiento, transporte y distribución del agua y del ligante asfáltico; para la disgregación del pavimento existente y para la mezcla adecuada de todos los ingredientes; así como para la compactación y conformación de la capa reciclada.

Salvo justificación en contrario, será obligatorio el empleo de máquinas recicladoras que integren en una sola unidad las operaciones de fresado, de dosificación, de distribución de los fluidos, de mezcla y de extensión de la mezcla elaborada.

La máquina recicladora deberá estar provista de un rotor de fresado de eje horizontal y deberá ser capaz de fresar el pavimento en la profundidad y ancho especificados, produciendo un material homogéneo en una sola pasada a velocidad constante. La máquina deberá poseer un dispositivo de control automático que asegure el fresado en el espesor especificado, y de un elemento que evite el levantamiento del material en bloques.

La máquina recicladora deberá tener la posibilidad de introducir los aditivos líquidos de manera uniforme y precisa. Deberá, además, estar equipada con un tacómetro acoplado al control de la bomba de caudal variable, que asegure que el ligante solo es adicionado cuando la máquina está en marcha. El sistema de medida debe incluir un totalizador que permita conocer la cantidad de producto bituminoso que se está utilizando en cualquier período y un medidor de caudal que indique la rata instantánea de flujo durante la operación de mezclado. El mezclador deberá garantizar una mezcla homogénea y uniforme en todo el ancho y profundidad del reciclado.

El suministro de la emulsión asfáltica, del cemento asfáltico y del agua se realizará desde depósitos móviles, de manera que no se produzcan paradas innecesarias de la máquina recicladora.

Los equipos de compactación deberán ser autopropulsados, tener inversores de marcha suaves y disponer de elementos para la limpieza de los rodillos o neumáticos durante la compactación y para mantenerlos húmedos en caso necesario. El tren de compactación se definirá durante la fase de experimentación pero, en todo caso, estará constituido, como mínimo, por un (1) compactador vibratorio de rodillo metálico y un (1) compactador de neumáticos. Las presiones lineales, estáticas o dinámicas, y las presiones de contacto de los diversos tipos de compactadores, serán las necesarias para conseguir la compacidad adecuada y homogénea de la mezcla en todo su espesor, pero sin producir rotura del agregado.

Los compactadores de rodillos no deberán presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios dispondrán de dispositivos para eliminar la vibración al

invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslapo de las huellas delanteras y traseras.

461.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

461.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el Artículo 105, numeral 105.13.3.

461.4.2 Estudio de los materiales por reciclar

Se realizará una inspección a la superficie por reciclar para comprobar los datos del reconocimiento del proyecto. Se tomarán muestras representativas de los materiales existentes en los diferentes tramos, comprobando el espesor y el tipo de material en las diferentes capas. Como mínimo, se realizarán dos (2) perforaciones por kilómetro o por tramo diferenciado, si su longitud fuese menor.

Se tomarán muestras de material fresado en el espesor previsto en el proyecto para el reciclado, empleando una máquina fresadora de iguales o similares características o que produzca un fresado adecuado o semejante a la máquina que exijan los Pliegos de Condiciones para la ejecución de la obra. Sobre las muestras de cada material fresado se determinará la granulometría, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-213.

Los resultados del reconocimiento del terreno, de las perforaciones y de los ensayos de granulometría permitirán verificar que los tramos en los cuales se dividió la obra en los estudios del proyecto son suficientemente homogéneos en relación con los objetivos pretendidos para el reciclado. Se considerará que no hay homogeneidad en un tramo, cuando los resultados de los ensayos individuales de granulometría y los espesores de las capas por reciclar presenten, respecto del promedio de los valores encontrados, variaciones superiores a las tolerancias establecidas en la Tabla 461 - 4, o cuando se detecte una variación manifiesta en el tipo de agregados.

Una vez comprobado que el material fresado cumple las condiciones establecidas, el Interventor aprobará el material y fijará como características de referencia de cada tramo homogéneo los espesores

promedio de las capas asfálticas y granulares por reciclar y la granulometría promedio del material fresado. Estos valores promedio deberán diferir de los valores límites en un margen suficiente para que sea razonable esperar que, con la heterogeneidad propia del material y de los espesores y con la dispersión que introducen la ejecución en obra y su control, los valores obtenidos en el control de calidad de ejecución de las obras cumplan con los límites establecidos. Cuando la dispersión en la granulometría sea excesiva, se deberá estudiar si ella se corrige con la incorporación de agregados de adición.

Tabla 461 - 4. Tolerancias en la granulometría y en el espesor del material por reciclar para considerar que un tramo es homogéneo

CARACTERÍSTICA		TOLERANCIA
Granulometría: tolerancia respecto a la masa total del material por reciclar, (%)	Porcentaje que pasa tamiz de 2.00 mm (No. 10) y mayores	+/- 6
	Porcentaje que pasa tamiz de 0.425 mm (No. 40)	+/- 4
	Porcentaje que pasa tamiz de 0.075 mm (No. 200)	+/- 3
Espesor: variación en el espesor de la capa (mm)	Capas asfálticas	25
	Capas granulares	50

Si resulta imposible cumplir en un tramo con estas tolerancias, el reciclado, en los términos que establece el presente Artículo, no resultará posible.

461.4.3 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

461.4.3.1 Generalidades

Rige todo lo que resulte aplicable en el numeral 400.4.2 del Artículo 400.

El Constructor estimará la cantidad óptima teórica necesaria de ligante residual para la combinación de agregados de cada tramo homogéneo y determinará el tipo y el porcentaje de emulsión asfáltica o cemento asfáltico espumado y de los aditivos y otros elementos por incorporar, de modo de producir una mezcla cuya calidad sea comparable a una base

estabilizada con emulsión asfáltica elaborada con agregados pétreos y ligante asfáltico nuevos.

Previamente a la definición del contenido de ligante, el Constructor establecerá la necesidad de incorporar agregados pétreos nuevos en la mezcla para corregir deficiencias granulométricas e indicará la proporción en que ellos deban intervenir.

El Constructor también definirá la necesidad de prehumedecer el material preparado para la mezcla y determinará las humedades más apropiadas de mezcla y compactación. La humedad de compactación se determinará mediante el ensayo modificado de compactación (norma de ensayo INV E-142) sobre el material por reciclar. La humedad óptima de compactación será, salvo instrucción en contrario del Interventor, la correspondiente a la óptima del ensayo menos un cinco por mil (0.5 %) y menos el porcentaje de emulsión o cemento asfáltico espumado a incorporar en la mezcla. Esta humedad se ajustará, si fuese necesario, durante la fase de experimentación.

Las mezclas de reciclado en frío se diseñarán siguiendo los métodos indicados en la Tabla 461 - 5.

Tabla 461 - 5. Método de diseño para mezclas de reciclado de pavimentos asfálticos en frío empleando ligantes bituminosos

TIPO DE LIGANTE	NORMA DE ENSAYO INV	MÉTODO
Emulsión asfáltica	E-622	Inmersión-compresión
Asfalto espumado	E-785	Resistencia a la tracción indirecta

Se pueden utilizar otros procedimientos para el diseño de las mezclas. En tal caso, los métodos de diseño y los criterios de selección del porcentaje óptimo de ligante se deberán definir en una especificación particular.

461.4.3.2 Diseño de la mezcla por resistencia**461.4.3.2.1 Diseño de la mezcla para reciclado con emulsión asfáltica**

Se elaborarán mezclas con diferentes contenidos de ligante por encima y por debajo del óptimo teórico (al menos 4 contenidos de ligante), para someterlas al ensayo de inmersión-compresión. El contenido óptimo de ligante se determinará aplicando los criterios de la Tabla 461 - 6.

Tabla 461 - 6. Criterios de resistencia para la determinación del contenido óptimo de ligante en reciclados con emulsión asfáltica

PARÁMETRO	NORMA DE ENSAYO INV	VALOR
Resistencia de probetas curadas en seco R_s , mínimo (MPa)	E-622	2.0
Resistencia conservada tras curado húmedo $R_c = R_h / R_s$, mínimo (%)		75

El porcentaje óptimo de ligante residual será aquel que, cumpliendo las exigencias indicadas, permita alcanzar el valor máximo de resistencia tras curado húmedo, R_h .

461.4.3.2.2 Diseño de mezcla para reciclado con asfalto espumado

Se elaborarán mezclas con diferentes contenidos de ligante por encima y por debajo del óptimo teórico (al menos 4 contenidos de ligante), para someterlas al ensayo de tracción indirecta. En la Tabla 461 - 7 se presentan los criterios para la elaboración del asfalto espumado y la determinación del contenido óptimo de ligante.

Tabla 461 - 7. Criterios para la elaboración del asfalto espumado y la determinación del contenido óptimo de ligante en reciclados con asfalto espumado

PARÁMETRO		NORMA DE ENSAYO INV	VALOR
Preparación del asfalto espumado	Relación de expansión, mínimo	E-785	10
	Vida media, mínimo (segundos)		10
Determinación del contenido óptimo de ligante	Resistencia de probetas curadas en seco R_s , mínimo (MPa)		0.25
	Resistencia conservada tras curado húmedo $R_c = R_h / R_s$, mínimo (%)		50

El porcentaje óptimo de ligante residual será aquel que, cumpliendo las exigencias indicadas, permita alcanzar el valor máximo de resistencia tras curado húmedo, R_h .

461.4.3.3 Informe de diseño de la mezcla

El informe de diseño que presente el Constructor, en el cual propondrá la fórmula de trabajo por aplicar en cada tramo homogéneo, para consideración y eventual aprobación del Interventor, contendrá, cuando menos, la siguiente información:

- La identificación del tramo homogéneo y los espesores y gradaciones característicos de los materiales por reciclar;
- La identificación y la proporción (en masa seca) de cada fracción del material granular, si se requieren agregados de adición;
- La granulometría de cada fracción del material granular y la granulometría combinada, si se requieren agregados de adición;
- El porcentaje de agua para mezcla y para compactación, en relación con la masa seca del componente mineral;

- El porcentaje óptimo de ligante residual y de emulsión (o asfalto espumado), en relación con la masa seca del material reciclado y el componente mineral adicional si se requiere.
- La identificación y la dosificación de puzolanas y de aditivos, si se requieren, los cuales deben ser de la misma marca utilizada en las pruebas de laboratorio y en la fase de experimentación;
- La relación de expansión y la vida media de la mezcla óptima, en el caso de reciclados con asfalto espumado;
- Las resistencias obtenidas a la compresión en la prueba de inmersión-compresión o a la tracción indirecta, según el caso;
- La masa unitaria seca máxima y la humedad óptima correspondientes a la dosificación de diseño;
- Los resultados de los ensayos complementarios que indique el Pliego de Condiciones.

461.4.3.4 Ajuste de la fórmula de trabajo

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se podrá ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

Los trabajos no se podrán iniciar a escala industrial, si la fórmula de trabajo definitiva para cada tramo no ha sido aprobada por el Interventor.

La aprobación de la fórmula de trabajo por parte del Interventor, no exime al Constructor de su plena responsabilidad de alcanzar, con base en ella, la calidad exigida en este Artículo.

461.4.4 Remoción de obstáculos

Antes de proceder a la disgregación del pavimento, se deberán demoler parcial y temporalmente las estructuras de servicios públicos ubicadas dentro del área de pavimento por reciclar, cubriendo de manera adecuada los orificios resultantes, de manera que el proceso de reciclado no afecte de manera adversa las estructuras, ni éstas produzcan daño a la máquina recicladora.

La profundidad de demolición de las estructuras será la necesaria para proporcionar una altura libre suficiente entre la tapa temporal de ellas y la superficie del pavimento existente, de manera de permitir la operación libre y continua de la recicladora.

Las tapas temporales de las estructuras se deberán asegurar adecuadamente a ellas y deberán tener la suficiente resistencia para soportar los esfuerzos generados durante el proceso de reciclado.

La localización de las estructuras demolidas parcial y temporalmente deberá ser relacionada con precisión, de manera que una vez concluido el trabajo de reciclado ellas se puedan ubicar y reconstruir hasta el nivel definitivo de la rasante del pavimento.

461.4.5 Preparación de la superficie existente

También con antelación a la disgregación del pavimento, el Constructor deberá efectuar los bacheos en las zonas que le indique el Interventor, las cuales deberán corresponder a fallas de origen profundo que requieran corrección previa, con el fin de evitar deficiencias en el soporte de la capa reciclada. Las excavaciones se deberán rellenar con material de base granular hasta el nivel de la rasante existente, colocándolo y compactándolo en espesores que permitan obtener las densidades exigidas para dicho material en el Artículo 330.

Inmediatamente antes de proceder a la disgregación del pavimento, se deberá barrer y/o soplar la superficie por tratar.

461.4.6 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 400.4.3 del Artículo 400.

461.4.7 Disgregación del pavimento existente y eventual incorporación del agregado de adición

Empleando el equipo y el procedimiento aprobados durante la fase de experimentación, el Constructor disgregará la capa bituminosa existente y la mezclará en una sola operación con parte de la base subyacente en el espesor de diseño o en el ordenado por el Interventor y, como resultado de dicho proceso, el material deberá cumplir con la gradación establecida en el numeral 461.2.1. Si no se cumple este requisito, se detendrán los trabajos hasta eliminar las causas de la anomalía.

En caso de que se requiera la adición de material pétreo para obtener la granulometría establecida en la fórmula de trabajo, la operación de disgregación deberá ser completada antes de proceder a la adición y mezcla del agregado nuevo. Los procedimientos para la incorporación del agregado de adición y su mezcla y homogenización con el material disgregado, así como para la conformación del material combinado sobre la calzada, será establecido por el Interventor durante la fase de experimentación dependiendo de las condiciones particulares de la obra.

Todo sobretamaño que no haya sido reducido durante el proceso, será retirado y dispuesto en el sitio que haya autorizado el Interventor.

Si alguna sección de pavimento pulverizado debe ser abierta temporalmente al tránsito, deberá ser previamente compactada y conformada a satisfacción del Interventor.

En las áreas donde resulte imposible la operación de la máquina recicladora, el material se demolerá con otros medios mecánicos aprobados por el Interventor y los productos así obtenidos se trasladarán a un centro de acopio autorizado. Estas áreas se deberán rellenar con materiales que cumplan los requisitos exigidos para el conjunto de la obra.

Cuando el diseño determine que el espesor de la capa reciclada compactada sea superior a doscientos milímetros (200 mm), el proceso de reciclado se deberá realizar en dos (2) capas de espesor aproximadamente igual, sin que ninguna de ellas tenga menos de cien milímetros (100 mm). En este caso, se deberá retirar provisionalmente la parte de material con la que se construirá la capa superior, mientras se recicla, extiende, compacta y cura la capa inferior. Para cada capa se

aplicarán los procedimientos de ejecución y control descritos en este Artículo.

461.4.8 Incorporación de aditivos, agua y producto bituminoso, elaboración y extensión de la mezcla

Antes de iniciar el proceso en obra, se deberán purgar y poner a punto las bombas y difusores de agua y producto bituminoso de la recicladora, por fuera del lugar de empleo, para garantizar las dosificaciones establecidas en la fórmula de trabajo, de manera continua y uniforme. En cada parada de la recicladora se deberán limpiar los difusores y, como mínimo, dos (2) veces por día. Las operaciones de abastecimiento de agua y productos bituminosos a la máquina se deberán realizar sin afectar la circulación en los carriles que se mantengan en servicio.

La aplicación de los aditivos puzolánicos, en la cantidad especificada, se hará sobre la superficie del pavimento por reciclar, inmediatamente antes del paso de la máquina recicladora, si el proceso se va a realizar en una sola capa; en caso contrario, se aplicarán sobre el material pulverizado en cada capa.

Cuando se trabaje en una sola capa, y no se requiera la adición de agregados nuevos, la máquina recicladora ejecutará en una sola pasada las operaciones de disgregación, adición de fluidos y mezcla homogénea en todo el ancho y profundidad del tratamiento.

Cuando el ancho de la superficie por reciclar sea mayor que el de operación de la recicladora, el trabajo se realizará por franjas paralelas que se traslaparán en un ancho comprendido entre quince y treinta centímetros (15 cm – 30 cm), para no dejar materiales sin mezclar en los bordes. Si se están usando dos (2) equipos de reciclado en paralelo, se adoptará la misma precaución y el desfase en la operación de ellos deberá ser el menor posible para evitar la formación de una junta longitudinal.

La operación de extensión se deberá detener si se observa que se produce segregación o contaminación y se procederá a efectuar las correcciones necesarias antes de continuar los trabajos.

Cuando se deba trabajar en dos capas, la superior sólo se podrá extender cuando la primera haya sido aceptada a satisfacción por el Interventor y, además, haya alcanzado el nivel de curado exigido en el numeral 461.4.12. Como guía general, una capa reciclada estará en capacidad de

recibir la capa superior cuando la humedad de aquella, en la mitad de su espesor, sea constante e inferior a uno por ciento (1 %).

Las operaciones de reciclado se deben realizar en segmentos completos. Cada segmento deberá ser pulverizado, mezclado y compactado en la misma jornada de trabajo.

Toda mezcla afectada por las aguas lluvias durante su elaboración o después de compactada, será corregida por el Constructor si, a juicio del Interventor, ello resulta posible; en caso contrario, deberá ser reemplazada por una de calidad satisfactoria. En ninguno de los dos casos habrá lugar a pago adicional alguno por parte del Instituto Nacional de Vías.

461.4.9 Compactación de la mezcla

Extendida la mezcla, se procederá a su compactación en el instante y con el equipo y procedimiento aprobados durante la fase de experimentación, hasta lograr los niveles de compactación exigidos. Sin embargo, no podrá transcurrir más de media hora desde su extensión hasta el inicio de la compactación.

La compactación se realizará longitudinalmente, comenzando por el borde más bajo de la franja que se esté tratando, de manera continua, hasta alcanzar la masa unitaria especificada en este Artículo. Al compactar cada franja se efectuará un traslape de no menos de quince centímetros (15 cm) con la precedente.

Los rodillos deberán llevar su rueda motriz hacia el frente; los cambios de dirección se harán sobre la mezcla ya compactada y los cambios de sentido se efectuarán con suavidad.

Siempre que el Interventor lo considere necesario, se aplicarán riegos de agua durante el proceso de compactación para compensar las pérdidas por evaporación y para cerrar la textura de la capa.

En los lugares inaccesibles a los equipos convencionales de compactación, se permitirá la operación de placas o rodillos vibratorios pequeños, pero de características apropiadas para lograr resultados similares a los obtenidos con el equipo de compactación aprobado.

De ser preciso, se efectuará un perfilado final con motoniveladora, con el fin de obtener una pendiente transversal adecuada para el drenaje del agua superficial.

461.4.10 Juntas de trabajo

Después de extendida y compactada una franja, se realizará la siguiente mientras el borde de la primera se encuentre en condiciones de ser compactado; de lo contrario, se ejecutará una junta longitudinal, aplicando una capa delgada y uniforme de emulsión asfáltica antes de extender la nueva franja. Se procurará que las juntas longitudinales queden en los bordes de los carriles de la vía y, en caso excepcional, en el centro de ellos, pero nunca en las zonas de concentración de la circulación de las ruedas del tránsito automotor.

Las juntas transversales de trabajo se efectuarán fresando el material de una zona ya tratada en la longitud suficiente (en general no menos de un diámetro del rotor de fresado), bajando hasta la profundidad especificada sin avanzar, para que se pueda regular con precisión la incorporación del ligante en la zona no tratada.

461.4.11 Apertura al tránsito

Terminada la compactación, la capa se podrá abrir al tránsito, limitando la velocidad de los vehículos a treinta kilómetros por hora (30 km/h) durante las primeras cuarenta y ocho horas (48 h), cuando el reciclado se haya realizado con asfalto espumado. Si el reciclado se ha realizado con emulsión asfáltica, la apertura no se podrá realizar antes de tres (3) días, aunque el plazo preciso será definido por el Interventor.

461.4.12 Curado y protección superficial de la capa compactada

Las capas recicladas en frío requieren un período de curado para su maduración, antes de que se autorice su cobertura. El tiempo de curado deberá ser el suficiente para que el contenido de humedad del material reciclado y compactado sea inferior a uno por ciento (1%). Por lo general, dicho período es, como mínimo, de diez (10) días en el caso de reciclados con emulsión asfáltica y de cinco (5) días cuando se utilice cemento asfáltico espumado, dependiendo de las condiciones climáticas.

Durante dicho lapso, el Constructor aplicará los riegos de protección que le solicite el Interventor, para prevenir el deterioro de la capa reciclada por la acción de las aguas superficiales y del tránsito automotor. Dichos

riegos se realizarán de acuerdo con el Artículo 422, excepto que la emulsión estará diluida en agua de manera que el ligante residual sea aproximadamente treinta por ciento (30 %) y la dosificación del ligante estará entre dos y tres décimas de kilogramo de ligante residual por metro cuadrado (0.2 - 0.3 kg/m²).

461.4.13 Conservación

El Constructor deberá conservar la capa de pavimento reciclado en frío en perfectas condiciones hasta que se construya la capa superior prevista en el proyecto. Todo daño que se presente deberá ser corregido, a su costa, a plena satisfacción del Interventor.

461.4.14 Limitaciones en la ejecución

No se permitirán trabajos de reciclado en frío en el lugar con productos bituminosos cuando la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a cinco grados Celsius (5° C) o en instantes en que haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra.

Los trabajos de construcción del pavimento reciclado en frío en el lugar con ligantes bituminosos se deberán efectuar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera culminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre que el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

461.4.15 Manejo ambiental

En relación con el manejo ambiental, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

461.4.16 Reparaciones

Todos los defectos no advertidos durante la colocación y compactación, tales como protuberancias, juntas irregulares, depresiones, irregularidades de alineamiento y de nivel, deberán ser corregidos por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de

acuerdo con las instrucciones del Interventor. El Constructor deberá proporcionar trabajadores competentes, capaces de ejecutar a satisfacción el trabajo eventual de correcciones en todas las irregularidades de la capa construida.

461.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

461.5.1 Controles

Rige lo que resulte aplicable del numeral 400.5.1 del Artículo 400.

461.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

461.5.2.1 Calidad del producto bituminoso

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para el cemento asfáltico serán los establecidos en los Artículos 410 o 411, según corresponda.

En el caso de reciclado con asfalto espumado, se realizarán pruebas para verificar la relación de expansión y la vida media.

461.5.2.2 Calidad del agua

Siempre que se tenga alguna incertidumbre en relación con la calidad del agua utilizada en el reciclado en frío con ligantes bituminosos, verificará su pH y su contenido de sulfatos. Sus resultados deberán satisfacer las exigencias del numeral 461.2.5 para permitir su empleo. Si no las satisfacen, se impedirá el uso posterior de dicha agua y se someterán a observación los tramos ya elaborados con ella.

461.5.2.3 Calidad de los aditivos y de otros elementos de aporte

Se realizarán las pruebas requeridas para verificar la calidad de estos productos, cada vez que se considere necesario. El incumplimiento de las especificaciones pertinentes de estos productos, implicará el rechazo del envío correspondiente.

461.5.2.4 Calidad de los agregados pétreos de adición

En caso de que se requieran agregados pétreos de adición, se realizarán los siguientes controles:

461.5.2.4.1 Aprobación inicial

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deberán realizar los ensayos que se encuentran indicados en la Tabla 461 - 2. Los resultados de estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas en dicha tabla, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

461.5.2.4.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, el Interventor examinará las descargas a los acopios y ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, ordenará acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas, y plasticidad, y vigilará la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, efectuará las verificaciones de calidad indicadas en la Tabla 461 - 8.

Tabla 461 - 8. Ensayos de verificación sobre los agregados de adición

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos	E-224	1 por mes
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza, gradación combinada (F)		
Límite líquido	E-125	1 por jornada
Índice de plasticidad	E-125,126	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana
Valor de Azul de metileno (Nota 1)	E-235	1 por semana
Terrones de arcilla y partículas deleznales	E-211	1 por semana
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)		
Partículas planas y alargadas, relación 5:1	E-240	1 por semana
Caras fracturadas	E-227	1 por jornada
Geometría de las partículas, agregado fino (F)		
Angularidad de la fracción fina, método A	E-239	1 por jornada
Resistencia (F)		
CBR	E-148	1 por mes

Nota 1: En caso de que no se cumpla el valor mínimo de equivalente de arena señalado en la Tabla 461 - 2.

El Interventor podrá autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 461 - 8, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

No se emplearán agregados minerales que no satisfagan los requisitos pertinentes del numeral 461.2.1.2. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado insatisfactorio, se tomarán dos muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos de comprobación deberán ser satisfactorios o, de lo

contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

461.5.2.5 Composición de la mezcla

Para efectos del control, se considerará como lote el volumen de material que resulte de aplicar los criterios del numeral 461.5.2.7.1.

Cuantitativamente, se realizarán los siguientes controles:

461.5.2.5.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 461.5.2.7.1, se determinará el contenido de asfalto residual (Norma de ensayo INV E-732).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART %) tendrá una tolerancia de uno por ciento (1.0%) con respecto al establecido en la fórmula de trabajo (ARF %). Dicho porcentaje incluye tanto la cantidad de ligante aportada por la emulsión o el cemento asfáltico espumado, como la suministrada por la estructura que se recicla.

$$ARF\% - 1.0\% \leq ART\% \leq ARF\% + 1.0\% \quad [461.1]$$

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI %), no podrá diferir del valor medio del lote (ART%) en más de uno por ciento (1.0 %), admitiéndose sólo un (1) valor por fuera de este intervalo.

$$ART\% - 1.0\% \leq ARI\% \leq ART\% + 1.0\% \quad [461.2]$$

Un porcentaje de asfalto residual fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras

individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso del ligante, el Constructor demuestre que no habrá problemas de comportamiento de la capa reciclada.

En caso de rechazo, la capa reciclada correspondiente al lote controlado deberá ser levantada y corregida o reemplazada a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

461.5.2.5.2 Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados, mediante la norma de ensayo INV E-782. Las curvas obtenidas se deberán ajustar a la establecida al determinar la fórmula de trabajo, con las tolerancias que se indican en la Tabla 461 - 9.

Cuando los valores obtenidos incumplan este requisito, el Constructor deberá preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje de emulsión o asfalto espumado que dé lugar al contenido medio de asfalto residual de la mezcla elaborada con dicho material. Ella se someterá a las pruebas mencionadas en el numeral 461.4.3. Si todos los requisitos allí indicados no se cumplen, se rechazará el lote al cual correspondan esas muestras.

Tabla 461 - 9. Tolerancias granulométricas de los agregados para reciclado en frío en el lugar empleando ligantes bituminosos

TAMIZ	TOLERANCIA EN PUNTOS DE % SOBRE LA MASA SECA DE LOS AGREGADOS
2.00 mm (No. 10) y mayores	+/- 6
0.425 mm (No. 40)	+/- 4
0.075 mm (No. 200)	+/- 3

461.5.2.6 Calidad de la mezcla

461.5.2.6.1 Resistencia

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada, se moldearán probetas (tres por muestra) para verificar en el laboratorio su resistencia en el ensayo de inmersión-compresión (norma INV E-622) cuando el reciclado se ejecute con emulsión asfáltica o en el ensayo de tracción indirecta (INV E-785) cuando se realice con asfalto espumado. Tres (3) de ellas se curarán en seco y tres (3) bajo condición húmeda.

El promedio de la resistencia de las tres (3) probetas sometidas a curado seco (R_m), deberá superar o al menos igualar al noventa por ciento (90 %) de la respectiva resistencia de la mezcla definitiva de trabajo (R_t). Un criterio similar se aplicará para las probetas sometidas a curado húmedo.

$$R_m \geq 0.90 R_d$$

[461.3]

Además, la resistencia de cada probeta (R_i) deberá ser igual o superior al ochenta por ciento (80 %) del valor medio de su respectivo grupo, admitiéndose sólo un (1) valor individual por debajo de ese límite:

$$R_i \geq 0.80 R_d$$

[461.4]

A su vez, la resistencia conservada promedio (R_{cm}) deberá ser, como mínimo, el setenta y cinco por ciento (75 %) en las mezclas elaboradas con emulsión asfáltica y el cincuenta por ciento (50 %) en las elaboradas con asfalto espumado, sin que al respecto se admita ninguna tolerancia.

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se rechazará el lote al cual representan las muestras. En caso de rechazo, la capa reciclada correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y corregida o reemplazada a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Si el incumplimiento se presenta en dos (2) lotes consecutivos, se deberán suspender los trabajos hasta que se estudie una nueva fórmula de trabajo que garantice el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en el numeral 461.4.3, para el tipo de mezcla que se esté evaluando

461.5.2.7 Calidad del producto terminado

461.5.2.7.1 Tamaño del lote

Se considerará como “lote” que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios, para una sola capa de mezcla asfáltica reciclada:

- Quinientos metros lineales (500 m) de mezcla colocada en todo el ancho de la calzada;
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de mezcla colocada;
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

Además, sobre cada lote se deberán realizar las siguientes verificaciones:

461.5.2.7.2 Aspectos generales

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se recicla, excluidos sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Interventor. La cota definitiva de cualquier punto de la capa reciclada en frío no podrá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

461.5.2.7.3 Compactación

Los sitios para la determinación de la densidad de la capa se elegirán al azar, según la norma de ensayo INV E-730, "Selección al azar de sitios para la toma de muestras", pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro. Se deberán efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de una capa de pavimento asfáltico reciclado en frío con ligantes bituminosos, se deberá calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones humedad - peso unitario (ensayo modificado de compactación), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{V_{d,i}}{V_{d,máx}} \times 100 \quad [461.5]$$

Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{V_{d,i}}{C V_{d,máx}} \times 100 \quad [461.6]$$

Siendo:

GC_i : Valor individual del grado de compactación, en porcentaje;

$\gamma_{d,i}$: Valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164, sin efectuar corrección de ella por presencia de sobretamaños de manera que corresponda a la muestra total.

$\gamma_{d,m\acute{a}x}$: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 (ensayo de compactación modificado) sobre una muestra representativa del mismo.

$C\gamma_{d,m\acute{a}x}$: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 (ensayo de compactación modificado) sobre una muestra representativa del mismo, y corregido por sobretamaños según la norma de ensayo INV E-143, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total.

Sobretamaños (fracción gruesa) (PFG) – Porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (norma INV E-142).

El peso unitario seco máximo corregido del material ($C\gamma_{d,m\acute{a}x}$) que se use para calcular el grado de compactación individual GC_i se obtendrá, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños, P_{FG} , presente en ese sitio.

Para la aceptación del lote se aplicarán los siguientes criterios:

$GC_i (90) \geq 95.0 \%$	se acepta el lote	[461.7]
$GC_i (90) < 95.0 \%$	se rechaza el lote	[461.8]

Siendo:

$GC_i(90)$: Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90%, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del Artículo 107, "Control y aceptación de los trabajos", a partir de los valores individuales del grado de compactación GC_i .

Las comprobaciones de la compactación se realizarán cuando se haya cumplido sustancialmente el período de curado de la mezcla, conforme se haya determinado en la fase de experimentación.

En caso de rechazo, la capa de pavimento reciclado en frío correspondiente al lote controlado deberá ser levantada y corregida a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

461.5.2.7.4 Espesor

Sobre la base del lote escogido para el control de la compactación y en los mismos puntos de verificación, se determinará el espesor promedio de la capa compactada (e_m), el cual no podrá ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$e_m \geq e_d$	[461.9]
----------------	---------

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, como mínimo, igual al

noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño, admitiéndose un (1) solo valor por debajo de dicho límite, siempre que este último valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.90 e_d$$

[461.10]

Si se incumple alguno de estos requisitos, se rechazará el lote, salvo que el Constructor se comprometa a compensar la deficiencia incrementando el espesor de la capa superior del pavimento en el espesor faltante, sin que el exceso de espesor por colocar de esta última genere costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

En caso de rechazo, la capa de pavimento reciclado en frío correspondiente al lote controlado deberá ser levantada y corregida a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

461.5.2.7.5 Planicidad

La superficie acabada no podrá presentar, en ningún punto, zonas de acumulación de agua ni irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm) cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793; la regla se colocará tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el Interventor, los cuales no podrán corresponder a puntos donde haya cambios de pendiente transversal de acuerdo con el diseño.

Todas las áreas donde los defectos terminación excedan estas tolerancias, deberán ser corregidas por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a satisfacción de éste, sin que ello genere costo adicional alguno para el Instituto Nacional de Vías.

461.5.2.7.6 Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al Constructor

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa de pavimento reciclado en frío en el lugar con productos bituminosos, por modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al Constructor, el Interventor delimitará el área afectada y ordenará las correcciones necesarias, por cuyo trabajo autorizará pago al Constructor, al respectivo precio unitario del contrato.

461.5.2.7.7 Medidas de deflexión

El Interventor verificará la solidez de la estructura construida al nivel de pavimento reciclado en frío en el lugar con productos bituminosos, realizando medidas de deflexión con la viga Benkelman, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-795. Los resultados de las medidas, que se efectuarán en tresbolillo cada veinte metros (20 m), no constituirán base para la aceptación o el rechazo de la capa construida, sino que servirán al Instituto Nacional de Vías para verificar la homogeneidad de la estructura que se construye y realizar los ajustes que pudieran resultar necesarios al diseño estructural del pavimento.

Todas las áreas del pavimento reciclado en frío en el lugar con productos bituminosos, donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias admitidas en esta especificación, deberán ser corregidas por el Constructor de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a satisfacción de éste, sin que ello genere costo adicional alguno para el Instituto Nacional de Vías.

461.6 MEDIDA

Rige lo descrito en el numeral 400.6 y en particular en el sub-numeral 400.6.2 del Artículo 400.

461.7 FORMA DE PAGO

Rige lo descrito en el numeral 400.7 y en particular en el sub-numeral 400.7.5 del Artículo 400.

El precio unitario deberá incluir, también, costo del retiro provisional de la parte del material con la que se construirá la capa superior de reciclado mientras se construye la capa inferior, cuando el diseño determine que el espesor de la capa reciclada compactada es superior a doscientos milímetros (200 mm), proceso al cual se hace referencia en el numeral 461.4.7.

Así mismo, el precio unitario deberá incluir el costo de los riegos de protección mencionados en el numeral 461.4.12.

Se excluyen del precio unitario los siguientes aspectos:

- El suministro y el almacenamiento de los ligantes bituminosos, que se pagarán de acuerdo con los Artículos 410 o 411, según corresponda.
- La demolición de estructuras de servicios públicos a la cual se hace referencia en el numeral 461.4.5 y su posterior reconstrucción se pagarán de acuerdo con la(s) especificación(es) particular(es) que se redacte(n) para estas actividades
- La puzolana que se incluya en la mezcla para complementar la reactividad, de acuerdo con lo indicado en el numeral 461.2.3, que se pagará como se indique en una especificación particular.

461.8 ÍTEM DE PAGO

461.1	Pavimento reciclado en frío en el lugar con emulsión asfáltica	Metro cúbico (m ³)
461.2	Pavimento reciclado en frío en el lugar con asfalto espumado	Metro cúbico (m ³)

RECICLADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN PLANTA Y EN CALIENTE

ARTÍCULO 462 – 13

462.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el acopio y utilización de materiales disgregados de capas asfálticas de pavimentos en servicio o excedentes de una mezcla asfáltica no utilizada; la preparación de una nueva mezcla asfáltica en caliente mezclando dichos materiales con agregados pétreos y con cemento asfáltico nuevos y, de ser necesario, agentes rejuvenecedores para reciclado y otros aditivos; el eventual almacenamiento, el transporte, la colocación y la compactación de la nueva mezcla, de acuerdo con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los documentos del proyecto o determinados por el Interventor.

La obtención del material por reciclar mediante la disgregación de parte o de la totalidad de las capas asfálticas de un pavimento existente, según las profundidades de corte señaladas en los documentos del proyecto o indicadas por el Interventor; el cargue del material disgregado, su transporte y su descargue en el sitio de acopio, se encuentran cubiertos por el Artículo 460.

Los tipos de mezclas asfálticas elaboradas mediante el reciclado del pavimento asfáltico en planta y en caliente se denominarán de acuerdo con lo mencionado en el numeral 450.1, Tabla 450 - 1, del Artículo 450. Así mismo, las capas asfálticas elaboradas mediante esta técnica se denominarán de la forma descrita en el citado numeral, Tabla 450 - 2, en función de su posición dentro de la estructura del pavimento.

462.2 MATERIALES

462.2.1 Agregados pétreos

Los agregados pétreos para la elaboración de la mezcla reciclada tendrán dos (2) procedencias: los recuperados del pavimento y los requeridos como adición para corregir la gradación y garantizar la calidad de la mezcla.

La granulometría del agregado obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones, incluido el llenante mineral, deberá estar

comprendida dentro de alguna de las franjas fijadas en la Tabla 450 - 6 del Artículo 450.

462.2.1.1 Agregados pétreos de adición

El agregado pétreo de adición deberá cumplir los requisitos para las propiedades de origen (O) del numeral 450.2.1 del Artículo 450; la mezcla con los agregados recuperados del pavimento, en las proporciones definidas durante el establecimiento de la fórmula de trabajo, incluyendo el llenante mineral requerido, deberá cumplir los requisitos exigidos en el mismo numeral 450.2.1 del citado Artículo, para las propiedades de fabricación (F).

Es recomendable que el agregado de adición tenga características mineralógicas similares a las del agregado que se recicla, con el fin de evitar que el ligante tenga diferente adhesividad con cada uno de los componentes.

462.2.1.2 Agregados recuperados del pavimento

Los agregados obtenidos mediante la disgregación de una mezcla asfáltica de un pavimento existente no deberán mostrar signos de meteorización, y su calidad deberá ser similar a la exigida para los agregados de adición.

Para la ejecución de los trabajos que son objeto de este Artículo no se podrán emplear materiales disgregados provenientes de mezclas abiertas en caliente, de mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura o de mezclas drenantes. En cambio, se podrán emplear los excedentes de fabricación de una mezcla asfáltica en caliente, de las descritas en el Artículo 450, que no se hayan utilizado en la obra por constituir sobrantes o por haber sido rechazados por llegar con una temperatura muy baja, pero nunca por la baja calidad de sus componentes o de la mezcla misma.

Por ningún motivo se permitirá el empleo de materiales recuperados de pavimentos donde la capa asfáltica hubiera presentado deterioros de los tipos afloramientos de asfalto (exudación) o deformaciones plásticas.

Si se tiene previsto el empleo de materiales provenientes de capas asfálticas con geosintéticos incluidos o en cuya elaboración se hubieran utilizado adiciones para modificar la reología del ligante asfáltico o el comportamiento mecánico de la mezcla, tales como caucho, fibras, etc., se requerirá un estudio ambiental específico, debido a la posibilidad de emisión de contaminantes durante el proceso de elaboración de la nueva mezcla.

El material que se va a reciclar deberá ser homogéneo, no contener contaminantes y estar perfectamente caracterizado, siendo necesario que se someta a un proceso previo de trituración, eliminación de contaminantes y homogeneización.

462.2.2 Material bituminoso

El material bituminoso para la elaboración de la mezcla reciclada tendrá, también, dos (2) procedencias: el presente en la mezcla por reciclar y el requerido como adición para garantizar la calidad de la mezcla.

462.2.2.1 Material bituminoso de adición

El material bituminoso de adición será cemento asfáltico del grado de penetración que indiquen los documentos del proyecto, el cual puede corresponder a uno de los tipos indicados en el Artículo 410 o al que establezca la especificación particular del proyecto.

462.2.2.2 Material bituminoso de la mezcla por reciclar

El material bituminoso proveniente de la capa disgregada o del excedente de una mezcla nueva, deberá ser susceptible de mezclar de manera homogénea con el material bituminoso de adición, de manera de obtener, con la incorporación de un agente rejuvenecedor para reciclado si se requiere, un producto de características similares a uno de los cementos asfálticos indicados en el Artículo 410 o el que exijan los documentos técnicos del proyecto.

462.2.3 Agente rejuvenecedor para reciclado

En caso de que se requiera, se deberá ajustar a la norma de ensayo INV E-812. El agente rejuvenecedor para reciclado deberá ser un material orgánico cuyas características químicas y físicas permitan devolverle al asfalto envejecido las condiciones necesarias para el buen comportamiento de la nueva mezcla, según lo contemplen las especificaciones particulares del proyecto. La dosificación y la dispersión homogénea del agente rejuvenecedor para reciclado deberán seguir las recomendaciones de su fabricante y ser aprobadas por el Interventor.

462.2.4 Aditivos mejoradores de adherencia

Cuando se requieran, deberán cumplir los requisitos del Artículo 412. La dosificación y la dispersión homogénea de los aditivos deberán seguir las recomendaciones de su fabricante y ser aprobadas por el Interventor.

El Constructor deberá garantizar que su incorporación no producirá ningún efecto nocivo a los agregados, al ligante asfáltico o a la mezcla. Cualquier efecto adverso en el comportamiento del pavimento que se derive del empleo del aditivo, será de responsabilidad exclusiva del Constructor, quien deberá efectuar todas las reparaciones que requiera la mezcla compactada, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor.

462.3 EQUIPO

Al respecto, aplica lo que resulte pertinente de lo indicado en el numeral 400.3 del Artículo 400.

El equipo requerido para el reciclado de pavimentos asfálticos en planta y en caliente es, en esencia, el mismo que se emplea para las mezclas asfálticas en caliente.

La planta asfáltica deberá tener el diseño apropiado para el reciclado de pavimentos en caliente o deberá tener las modificaciones técnicas necesarias para permitir la elaboración de estas mezclas, de manera que el pavimento asfáltico recuperado, el asfalto nuevo y el agente rejuvenecedor para reciclado no se vean sobrecalentados, ni sufran deterioro.

Las plantas del tipo tambor secador-mezclador, en las que el flujo de los agregados coincide con el tiro del humo, no se podrán emplear si la mezcla por reciclar constituye más del veinticinco por ciento (25 %) de la nueva mezcla. Entre las plantas del tipo tambor secador-mezclador se emplearán de preferencia aquellas en las que el flujo de agregados va en contra del tiro del humo o las que tengan doble tambor, que eviten la exposición directa a la llama del material por reciclar.

Las plantas de tipo discontinuo deberán estar provistas de un tambor secador independiente para el material por reciclar. Los gases producidos en el calentamiento de éste deberán ser recogidos y quemados durante el proceso de elaboración de la mezcla, evitándose su emisión a la atmósfera. Además, estas plantas deberán estar provistas de silos para almacenar en caliente el material por reciclar y un sistema de dosificación por peso de dicho material.

Los elementos apropiados para la recuperación de los materiales del pavimento existente y el proceso mismo de recuperación se encuentran contemplados en el Artículo 460.

462.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

462.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados nuevos

El material pétreo virgen que se requiera para la elaboración de la mezcla reciclada, deberá ser explotado y procesado conforme como se describe el Artículo 105, “Desarrollo y control de los trabajos”, numeral 105.13.3.

462.4.2 Acopio del material por reciclar

El material disgregado por reciclar podrá provenir de la misma obra o encontrarse almacenado por haber sido extraído en otro lugar. Los acopios del material para reciclar deberán estar cubiertos y el tiempo de almacenamiento se deberá reducir al mínimo posible para evitar que absorban una cantidad de agua excesiva de la atmósfera.

En el instante de ser descargados en el acopio los materiales por reciclar, se deberán descartar todos aquellos que, a simple vista, presenten contaminaciones.

En las regiones donde la temperatura ambiente exceda de treinta grados Celsius (30° C), los acopios del material por reciclar no podrán tener una altura mayor de tres metros (3 m) para evitar que el material se aglomere.

Se deberá llevar un registro de la procedencia de todas las mezclas bituminosas por reciclar, identificando y acopiando por separado las provenientes de mezclas de los tipos denso (D), semidenso (S) y grueso (G), definidas en el Artículo 450. También, se deberán acopiar por separado aquellos materiales para los cuales sea necesario realizar el estudio específico citado en el numeral 462.2.1.2, hasta que se tome la decisión sobre su aceptación o rechazo.

462.4.3 Tratamiento del material por reciclar

El material disgregado por reciclar se deberá tratar y mezclar para su homogeneización y descontaminación. Para ello, será necesario triturar todos los bloques, de manera que todo el material pase por el tamiz de 25 mm (1") de abertura.

Se deberá proceder, también, a la eliminación de cualquier contaminante y, en especial, se usará un procedimiento adecuado para la detección y el retiro de elementos metálicos.

Posteriormente, el material deberá ser mezclado hasta obtener un producto homogéneo y sin segregaciones.

462.4.4 Caracterización y acopio del material por reciclar, después de tratado

Una vez tratado el material disgregado por reciclar, se deberá disponer en acopios homogéneos. Para que se considere que un acopio es homogéneo, muestras de él se deberán someter a los ensayos de extracción de asfalto, granulometría del agregado, penetración y punto de ablandamiento del ligante recuperado, y sus resultados, respecto de los valores promedio encontrados, se deberán hallar dentro de los rangos indicados en la Tabla 462 - 1.

Los diferentes materiales tratados que cumplan los requisitos de homogeneidad se podrán acopiar juntos. Cada acopio homogéneo quedará identificado y caracterizado por los resultados de los ensayos citados en el párrafo anterior y se podrá emplear en la fabricación de la mezcla asfáltica reciclada en caliente con una misma fórmula de trabajo, siempre y cuando los agregados vírgenes también sean homogéneos.

Los acopios del material por reciclar, después de tratado, se deberán situar en una zona bien drenada y, en caso de que la superficie no sea pavimentada, no se podrán emplear los quince centímetros (15 cm)

inferiores de ellos. En las regiones donde la temperatura ambiente exceda de treinta grados Celsius (30° C), los acopios del material por reciclar, después de tratado, no podrán tener una altura mayor de tres metros (3 m) para evitar su aglomeración.

Tabla 462 - 1. Tolerancias en el material por reciclar para considerarlo homogéneo

CARACTERÍSTICA	TOLERANCIA RESPECTO DE LA MASA TOTAL DEL MATERIAL POR RECICLAR
Composición	
Porcentaje que pasa tamiz de 2 mm y mayores (No. 10 y mayores)	± 5
Porcentaje que pasa tamices de 425 y 180 μm (No. 40 y No. 80)	± 5
Porcentaje que pasa tamiz de 75 μm (No. 200)	± 2
Contenido de asfalto (%)	± 0.5
Caracterización del asfalto recuperado	
Penetración (0.1 mm)	± 5
Punto de ablandamiento (° C)	± 3

Los acopios del material tratado deberán estar cubiertos. El tiempo de almacenamiento del material se deberá reducir al mínimo posible para evitar que su contenido de humedad aumente excesivamente.

462.4.5 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

Al respecto, rige todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.2 del Artículo 400.

La mezcla se deberá diseñar por el método Marshall y los criterios de diseño y demás comprobaciones respecto de la susceptibilidad al ahuellamiento y a la humedad, son los mismos que se indican en el numeral 450.4.2 del Artículo 450.

El material por reciclar no deberá constituir más del cuarenta por ciento (40 %) de la masa total de la mezcla. La determinación del tipo y de la

proporción del agente rejuvenecedor para reciclado por incorporar en la mezcla se deberá realizar según la norma de ensayo INV E-812.

462.4.6 Preparación de la superficie existente

La mezcla reciclada en planta y en caliente se podrá colocar en el mismo tramo de vía donde se disgregaron las capas asfálticas para su reciclado o en uno diferente, según lo contemplen los documentos del proyecto o lo ordene el Interventor.

Cualquiera sea el caso, la superficie sobre la cual se va a colocar la mezcla reciclada deberá tener la densidad apropiada y las cotas y secciones indicadas en los planos del proyecto o las definidas por el Interventor.

Si la superficie sobre la cual se va a colocar la mezcla corresponde a un pavimento asfáltico antiguo que, de acuerdo con los estudios del proyecto o el criterio del Interventor, requiere un fresado previo, general o localizado, éste se realizará conforme se establece en el Artículo 460.

Cuando la mezcla se vaya a colocar en la misma vía de la cual se extrajo el pavimento para reciclar, o como refuerzo en un pavimento existente, se deberán efectuar los bacheos previos en las zonas que determine el Interventor. Las excavaciones correspondientes se realizarán según se indica en el Artículo 465 y se rellenarán, de acuerdo con la profundidad, con los materiales y mezclas apropiados, conforme se indica en los Artículos correspondientes de las presentes especificaciones o en las especificaciones particulares del contrato.

En caso de que la mezcla reciclada se vaya a colocar directamente sobre la base granular del mismo pavimento del cual se extrajeron los materiales por reciclar, la base deberá ser recompactada hasta obtener una densidad igual o superior al cien por ciento (100 %) de la máxima obtenida en el ensayo modificado de compactación (norma de ensayo INV E-142) y conformada de manera que satisfaga las secciones transversales del proyecto.

Cuando la mezcla se vaya a colocar como parte de la construcción de un pavimento nuevo, ella no se podrá extender hasta que se compruebe que la capa sobre la cual se va a apoyar tenga la densidad apropiada y su superficie tenga las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias

establecidas en la especificación respectiva deberán ser corregidas previamente, de acuerdo con lo establecido en ella.

Si la extensión de la mezcla requiere riegos previos de imprimación o de liga, ellos se realizarán conforme lo establecen los Artículos 420 y 421, respectivamente. Antes de aplicar la mezcla, se verificará que haya ocurrido el curado del riego previo de liga o imprimación, no debiendo quedar restos de fluidificante ni de agua en la superficie. Si hubiera transcurrido mucho tiempo desde la aplicación del riego, se comprobará que su capacidad de liga con la mezcla no se haya mermado en forma perjudicial; si ello ha sucedido, el Constructor deberá efectuar un riego adicional, en la cuantía que fije el Interventor. Si la pérdida de efectividad del riego anterior es imputable al Constructor, el nuevo riego deberá realizarlo sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

462.4.7 Fase de experimentación

Rige lo descrito en el numeral 400.4.3 del Artículo 400.

462.4.8 Aprovisionamiento de los agregados nuevos

Para el aprovisionamiento de los agregados nuevos, aplicará lo descrito en el numeral 450.4.5 del Artículo 450.

462.4.9 Fabricación de la mezcla

La carga de las tolvas en frío con los agregados nuevos se realizará de forma que éstas contengan más del cincuenta por ciento (50 %) de su capacidad, pero sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones. La alimentación del agregado fino se realizará en dos (2) tolvas, así éste sea de un tipo único.

Los dosificadores de los agregados en frío y de la mezcla bituminosa por reciclar se regularán en forma tal, que la mezcla de todos los agregados se ajuste a la fórmula de obra de la alimentación en frío. El caudal total de esta mezcla en frío se regulará de acuerdo con la producción prevista, debiéndose mantener constante la alimentación del secador de agregados nuevos y del calentador de la mezcla bituminosa por reciclar.

Los agregados nuevos se calentarán antes de su mezcla con el asfalto. El secador se regulará de forma que la combustión sea completa, indicada por la ausencia de humo negro en el escape de la chimenea. Los gases

desprendidos al calentar la mezcla bituminosa por reciclar deberán ser recogidos y quemados durante el proceso, evitando su expulsión a la atmósfera. Siempre que se presenten signos de avería en el sistema de combustión; si ocurre combustión incompleta o si se advierte alguna contaminación por combustible en los agregados o en la mezcla, se detendrá la producción hasta que se identifiquen y corrijan las causas del problema.

Si el polvo recogido en los colectores cumple las condiciones exigidas al llenante de una mezcla en caliente de gradación continua (numeral 450.2.1.3 del Artículo 450) y su utilización está prevista, se podrá introducir en la mezcla; en caso contrario se deberá eliminar. El tiro de aire en el secador se deberá regular de forma adecuada, para que la cantidad y la granulometría del llenante recuperado sean uniformes. La dosificación del llenante de recuperación y/o el de aporte se hará de manera independiente de los agregados y entre sí.

En las plantas de mezcla de tipo discontinuo, después de introducir los agregados calientes al mezclador, se pesará e introducirá el material por reciclar junto con el llenante mineral de aporte y, después de un tiempo de disgregación y mezcla, se agregará el ligante asfáltico nuevo y, en su caso, los agentes rejuvenecedores para reciclado y los aditivos para cada batchada y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo establecido al definir la fórmula de trabajo. En las plantas de mezcla del tipo tambor secador-mezclador el material por reciclar se aportará tras la llama, de forma que no exista riesgo de contacto con ella.

La temperatura de calentamiento de los diferentes ingredientes se deberá ajustar a lo establecido durante la definición de la fórmula de trabajo.

A la salida de la mezcla elaborada, su descarga deberá garantizar que todos los tamaños del agregado estén uniformemente distribuidos en la mezcla y sus partículas total y homogéneamente cubiertas. Su temperatura, en el momento de la descarga al silo de almacenamiento o a los elementos de transporte, no excederá de la fijada durante la definición de la fórmula de trabajo.

Se rechazarán todas las mezclas heterogéneas, carbonizadas o sobrecalentadas, las mezclas con espuma o las que presenten indicios de humedad o contaminación por combustible. En este último caso, se retirarán los agregados de las tolvas en caliente, si se está empleando una

planta de tipo discontinuo. También se rechazarán aquellas mezclas en las cuales la envuelta no sea perfecta.

462.4.10 Transporte de la mezcla

En relación con el transporte de la mezcla desde la planta hasta el sitio de las obras, rige lo descrito en el numeral 450.4.7 del Artículo 450, para el transporte de las mezclas asfálticas en caliente de gradación continua.

462.4.11 Transferencia de la mezcla

Si se dispone del equipo de transferencia (Shuttle Buggy), se aplicará lo descrito en el numeral 450.4.8 del Artículo 450.

462.4.12 Extensión de la mezcla

Se aplicará lo descrito en el numeral 450.4.9 del Artículo 450.

462.4.13 Compactación de la mezcla

Resultan aplicables todas las instrucciones del numeral 450.4.10 del Artículo 450.

462.4.14 Juntas de trabajo

Rige todo lo descrito en el numeral 450.4.11 del Artículo 450.

462.4.15 Pavimento sobre puentes y viaductos

Se seguirán las instrucciones del numeral 450.4.12 del Artículo 450.

462.4.16 Bacheos con mezcla reciclada en caliente

Cuando se empleen mezclas recicladas en planta y en caliente para rellenar parte o la totalidad de las excavaciones realizadas para la reparación de un pavimento existente, se aplicarán los criterios indicados en el numeral 450.4.13 del Artículo 450.

462.4.17 Limitaciones en la ejecución

Se aplica lo descrito en el numeral 450.4.15 del Artículo 450.

462.4.18 Apertura al tránsito

Al respecto, se aplica lo descrito en el numeral 450.4.14 del Artículo 450.

462.4.19 Manejo ambiental

Además de lo pertinente que se haya especificado en el presente Artículo, registrará todo lo que resulte aplicable del Artículo 400, numeral 400.4.7.

462.4.20 Reparaciones

Rige lo establecido en el numeral 450.4.17 del Artículo 450.

462.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

462.5.1 Controles

Rige lo que resulte aplicable del numeral 400.5.1 del Artículo 400.

462.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**462.5.2.1 Calidad del cemento asfáltico nuevo**

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para el cemento asfáltico serán los establecidos en el Artículo 410.

462.5.2.2 Calidad del agente rejuvenecedor para reciclado y de los aditivos mejoradores de adherencia.

En caso de que se requieran, deberán cumplir lo establecido en los numerales 462.2.3 y 462.2.4 respectivamente.

462.5.2.3 Calidad de los agregados pétreos y del llenante mineral de adición

Los agregados pétreos nuevos y el llenante mineral deberán ser sometidos a las mismas pruebas de verificación mencionadas en el numeral 450.5.2.2 del Artículo 450. Los resultados de estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas para dichos materiales en el numeral 450.2.1 del

Artículo 450, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

Sus características deberán ser tales, que una vez mezclados con los agregados del pavimento por reciclar, en las proporciones determinadas durante la definición de la fórmula de trabajo, el material resultante satisfaga todas las exigencias a los agregados para una mezcla en caliente del tipo que se esté elaborando, de acuerdo con lo prescrito en el Artículo 450.

462.5.2.4 Calidad del material disgregado por reciclar

De cada procedencia del material disgregado, una vez tratado, se tomarán al menos cuatro (4) muestras para verificar su homogeneidad y caracterizar los acopios. Las pruebas por realizar serán:

- Contenido de ligante, según la norma INV E-732;
- Granulometría de los agregados recuperados, según la norma de ensayo INV E-782;
- Penetración del ligante recuperado, según la norma INV E-706;
- Punto de ablandamiento del asfalto recuperado, según la norma INV E-712.

Los resultados de estos ensayos permitirán la separación de los materiales en acopios homogéneos, cuando se cumplan las tolerancias indicadas en la Tabla 462 - 1 de este Artículo.

Durante la etapa de producción de la mezcla, se vigilará la altura, el estado de los elementos de separación y la homogeneidad de los acopios. Además, se efectuarán las verificaciones indicadas en la Tabla 462 - 2. Si los resultados de alguna de ellas no satisfacen las tolerancias aceptables, según la Tabla 462 - 1, se suspenderá la producción de la mezcla y se tomarán dos (2) muestras adicionales y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos deberán

ser satisfactorios o, de lo contrario, se impedirá el uso del volumen de material al cual representan esos ensayos.

Tabla 462 - 2. Ensayos de verificación sobre el material disgregado por reciclar

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición		
Granulometría	E-782	1 por jornada
Contenido de asfalto (%)	E-732	1 por jornada
Caracterización del asfalto recuperado		
Penetración del asfalto recuperado (0.1 mm)	E-706	1 por semana
Punto de ablandamiento del asfalto recuperado (° C)	E-712	1 por semana

462.5.2.5 Composición de la mezcla

Resulta aplicable todo lo exigido en el numeral 450.5.2.3 del Artículo 450.

462.5.2.6 Calidad de la mezcla

Se aplica lo establecido en el numeral 450.5.2.4 del Artículo 450.

462.5.2.7 Calidad del producto terminado

Rige lo establecido en el numeral 450.5.2.5 del Artículo 450.

462.6 MEDIDA

Rige lo descrito en el numeral 400.6 y en particular en el 400.6.2 del Artículo 400. Para bacheos, se aplicará lo especificado en el numeral 400.6.3 del mismo Artículo.

462.7 FORMA DE PAGO

Rige lo descrito en el numeral 400.7 y en particular en el 400.7.4 del Artículo 400.

Se excluyen del precio unitario el suministro y el almacenamiento del producto asfáltico para la mezcla, los cuales se pagarán de acuerdo con la especificación referente a dicho producto.

462.8 ÍTEM DE PAGO

462.1 Mezcla asfáltica reciclada en caliente del tipo _____ Metro cúbico(m³)

462.2 Mezcla asfáltica reciclada en caliente del tipo _____ Metro cúbico(m³)
para bacheo

Nota: Se deberá elaborar un ítem de pago diferente para cada tipo de mezcla asfáltica reciclada en caliente que forme parte del contrato. Cada una de ellas se identificará agregando una cifra al esquema numerado del ítem. Por ejemplo, si el contrato contempla dos mezclas recicladas en caliente, una del tipo MDC-19 y otra del tipo MSC-25, sus ítems de pago se identificarán así:

462.1.1 Mezcla asfáltica reciclada en caliente del tipo _____ Metro cúbico(m³)
MDC-19

462.1.2 Mezcla asfáltica reciclada en caliente del tipo _____ Metro cúbico(m³)
MSC-25

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

GEOTEXTILES PARA REPAVIMENTACIÓN

ARTÍCULO 464 – 13

464.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro e instalación de un geotextil no tejido y un ligante asfáltico para formar una membrana sobre una superficie previamente preparada, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, cotas y secciones indicados en los planos o determinados por el Interventor.

464.2 MATERIALES

464.2.1 Geotextil

Se utilizarán geotextiles elaborados a partir de polímeros sintéticos de cadena larga, compuestos con un porcentaje mínimo de 95 % en masa de poliolefinas o poliéster y serán del tipo no tejido, punzonado por agujas. Deberán tener la capacidad de absorber la cantidad especificada de ligante asfáltico y poseer las propiedades mecánicas que se indican en la Tabla 464 - 1.

Las propiedades de resistencia del geotextil dependerán de los requerimientos de supervivencia y de las condiciones y procedimientos de instalación. Las propiedades corresponden a condiciones normales de instalación y deberán ser medidas en el sentido más débil del geotextil.

Las propiedades de los geosintéticos se expresan en general en términos de valores mínimos promedio por rollo (VMPR). El valor mínimo promedio por rollo (VMPR) es una herramienta de control de calidad que le permite a los fabricantes establecer los valores en sus certificados de manera que el comprador tenga un nivel de confianza del 97.7 % de que las propiedades, medidas sobre el producto que compra, cumplen con los valores certificados. Para datos que tengan una distribución normal, el valor VMPR se calcula como el valor típico menos dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores mínimos, o más dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores máximos.

Los valores promedio de los resultados de los ensayos practicados a cualquier rollo deberán satisfacer los requisitos establecidos en este Artículo.

Tabla 464 - 1. Propiedades mecánicas del geotextil para pavimentación en términos de VMPR

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO ASTM	VMPR
Resistencia a la tensión Grab (N) , valor mínimo	D 4632	450
Elongación a la rotura (%), mínimo	D 4632	50
Retención asfáltica en términos de asfalto residual (l/m ²), mínimo (Nota 2)	D 6140	0.9
Masa por unidad de área (g/m ²), mínimo	D 5261	140
Punto de fusión (°C) , mínimo	D 276	150
- Pavimentación con asfaltos convencionales y temperatura de instalación < 150° C - Pavimentación con asfaltos modificados con polímeros o temperatura de instalación > 150° C		250

Nota 1. El promedio de los resultados de los ensayos practicados a cualquier rollo del lote que se esté analizando, deberá ser mayor o igual al valor VMPR (valor mínimo promedio por rollo) presentado en esta especificación.

Nota 2. La retención asfáltica deberá ser suministrada por el fabricante y verificada por el Interventor, junto con la indicación de la cantidad de cemento asfáltico requerida para saturar el geotextil.

El fabricante del geotextil deberá contar con un proceso de producción que cuente con un sistema de gestión de la calidad certificado bajo la norma ISO 9001. El laboratorio, propio o externo, que se use para realizar los ensayos de control de la calidad de la producción, deberá estar acreditado bajo la norma ISO/IEC 17025 o contar con una acreditación GAI-LAP del Instituto de Acreditación de Geosintéticos, GAI.

El fabricante o proveedor deberá suministrar el programa de control de calidad y los datos de soporte, donde se indiquen los requisitos de ensayos, los métodos de ensayo, la frecuencia de los ensayos, los criterios de aceptación en la fabricación y el tamaño del lote para evaluación de cada producto.

464.2.2 Ligante asfáltico

El ligante asfáltico será una emulsión catiónica de rompimiento rápido tipo CRR-1 o una emulsión catiónica de rompimiento rápido modificada con polímeros tipo CRR-1m, que cumplan lo especificado en los Artículos 411 y 415, respectivamente.

464.3 EQUIPO

Se aplica lo que resulte pertinente de lo descrito en el numeral 400.3 del Artículo 400.

Para la aplicación del riego del producto asfáltico y la colocación del geotextil se requieren, básicamente, equipos para el barrido de la superficie, distribuidor del material bituminoso, equipo para la instalación del geotextil, herramientas menores y, eventualmente, un compactador neumático liviano.

464.3.1 Equipo de barrido

Se deberá disponer de barredoras mecánicas de cepillo. En caso de que las autoridades ambientales no permitan su utilización, se podrán usar escobas manuales, previa autorización del Interventor.

464.3.2 Equipo para la aplicación del ligante bituminoso

El carrotanque irrigador deberá cumplir exigencias mínimas que garanticen la aplicación uniforme y constante del producto asfáltico, a la temperatura apropiada, sin que lo afecten la carga, la pendiente de la vía o la dirección del vehículo. Sus dispositivos de irrigación deberán proporcionar una distribución transversal adecuada del ligante. El vehículo deberá estar provisto de un velocímetro calibrado en metros por segundo (m/s), o pies por segundo (pie/s), visible al conductor, para mantener la velocidad constante y necesaria que permita la aplicación uniforme del asfalto en sentido longitudinal.

El carrotanque deberá aplicar el producto asfáltico a presión y para ello deberá disponer de una bomba de impulsión, accionada por motor y provista de un indicador de presión. También, deberá estar provisto de un termómetro para el ligante, cuyo elemento sensible no se podrá encontrar cerca de un elemento calentador.

Para áreas inaccesibles al equipo irrigador y para retoques y aplicaciones mínimas, se usará una caldera regadora portátil, con sus elementos de irrigación a presión, o una extensión del carrotanque con una boquilla de expansión que permita un riego uniforme. Por ningún motivo se permitirá el empleo de regaderas u otros dispositivos de aplicación manual por gravedad.

464.3.3 Equipo para la instalación del geotextil

El equipo mecánico o manual de instalación del geotextil deberá ser capaz de instalarlo uniformemente, cuidando de producir la mínima cantidad de arrugas.

Se puede requerir, para ciertos trabajos, un compactador neumático liviano para uniformizar y reforzar la adherencia del geotextil con el riego de ligante asfáltico.

464.3.4 Herramientas menores

Se deberán suministrar escobas de cerdas rígidas o rodillos de manejo manual para uniformizar la superficie del geotextil; tijeras o cuchillas para cortarlo y cepillos para aplicar el ligante asfáltico a los traslapos del geotextil.

464.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

464.4.1 Preparación de la superficie existente

La superficie se deberá limpiar de polvo, barro seco, suciedad y cualquier material suelto que pueda ser perjudicial para el trabajo, empleando barredoras o sopladoras mecánicas en sitios accesibles a ellas, si su uso está autorizado por las autoridades ambientales competentes, y escobas manuales donde aquellas no puedan acceder o cuando el uso de equipos mecánicos no sea autorizado.

Después de terminar el proceso de limpieza, las grietas que excedan seis milímetros (6 mm) de ancho deberán ser sopladas y selladas de acuerdo con lo establecido en el Artículo 466 y lo indicado en los documentos del proyecto.

464.4.2 Tasa de aplicación del ligante asfáltico

La cantidad de ligante asfáltico a utilizar depende de la porosidad relativa de la capa antigua y del geotextil a utilizar en el proceso de repavimentación. La cantidad de ligante asfáltico residual deberá ser la suficiente para satisfacer los requerimientos de la saturación del geotextil y para adherir el geotextil y la nueva capa asfáltica a la superficie antigua. Esta cantidad deberá ser definida por el Constructor con base en las

recomendaciones de fabricante del geotextil y los resultados de pruebas en el sitio, y deberá ser aprobada por el Interventor.

464.4.3 Aplicación del ligante asfáltico

Antes de la aplicación del ligante se marcará una línea guía en la calzada para controlar el paso del distribuidor y se señalará la longitud de la carretera que quedará cubierta, de acuerdo con la cantidad de cemento asfáltico o emulsión disponible en el distribuidor.

La dosificación elegida del ligante se aplicará de manera uniforme a una temperatura que corresponda a una viscosidad Saybolt-Furol comprendida entre veinticinco y cien segundos (25 sSF-100 sSF), evitando duplicaciones de dotación en las juntas transversales de trabajo, para lo cual se colocarán fajas de papel grueso, de ancho no menor a un metro (1.0 m), bajo los difusores, en aquellas zonas donde comience o se interrumpa la aplicación.

Al comienzo de cada jornada de trabajo se deberá verificar la uniformidad del riego. Si fuere necesario, se calentarán las boquillas de irrigación antes de cada descarga. La bomba y la barra de distribución se deberán limpiar al final de la jornada.

Durante la aplicación del ligante se deberán proteger todos los elementos que señale el Interventor, tales como bordillos, vallas o árboles. En trabajos de prueba o de limpieza de los equipos, no se permitirá descargar el material bituminoso en zanjas o zonas próximas a la carretera.

No se permitirá ningún tipo de tránsito sobre el ligante aplicado.

464.4.4 Colocación del geotextil

El geotextil se deberá colocar sin arrugas, inmediatamente después de la aplicación del ligante asfáltico y antes de que la emulsión asfáltica rompa totalmente y no se logre la adecuada saturación del geotextil.

La colocación del geotextil se realizará mecánicamente mediante equipos especiales para la colocación de los rollos.

Los cuidados principales para el tratamiento de las arrugas que se puedan producir, serán los siguientes:

- Las arrugas y dobleces de más de 25 mm se deberán rasgar y aplanar siempre en el sentido del avance de los equipos de pavimentación, para evitar levantamientos.
- En el caso de que la arruga o doblez sobrepase los 50 mm, se deberán rasgar, cortar la cantidad que sobrepase los 50mm y aplanar como en el caso anterior.
- El traslapeo del geotextil, en reparación de arrugas, deberá contemplar el uso de ligante adicional para saturar las dos capas de geotextil.
- Los traslapes entre rollos adyacentes deberán tener la menor dimensión posible y los traslapes en cualquier dirección no deberán exceder de quince centímetros (15 cm). En las zonas de traslapes se deberá hacer una aplicación adicional de ligante asfáltico para garantizar la saturación total del geotextil.
- Para lograr un mayor contacto del geotextil con el ligante y eliminar en mayor proporción las arrugas del geotextil, se podrá utilizar un compactador neumático liviano. Una pasada sobre el geotextil, transitando a baja velocidad, podría ser suficiente.

464.4.5 Colocación de la capa asfáltica nueva

Una vez instalado el geotextil, se deberá colocar la nueva capa asfáltica en el menor tiempo posible. La aplicación del riego de ligante asfáltico y la colocación del geotextil deberán estar coordinadas con la puesta en obra de la capa superpuesta a éste, de manera que el ligante no haya perdido su efectividad como elemento de unión. Cuando el Interventor lo estime necesario, se aplicará un riego de liga, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, si la pérdida de efectividad del riego anterior es imputable al Constructor.

La dosificación de este riego de liga se establecerá en obra con base en los resultados de las pruebas que allí se efectúen; esta dosificación deberá contar con la aprobación del Interventor

Para evitar que el geotextil instalado se desplace y se dañe, las maniobras de los equipos de construcción se deberán realizar a la menor velocidad y con el mayor cuidado posible.

464.4.6 Control del tránsito

No se permitirá el tránsito público sobre la superficie con el geotextil ya colocado. El Constructor deberá instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, los cuales deberán garantizar la seguridad del tránsito público y de los equipos de construcción durante las veinticuatro (24) horas del día.

464.4.7 Limitaciones en la ejecución

Por ningún motivo se permitirá la aplicación del riego de ligante asfáltico y la colocación del geotextil cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a cinco grados Celsius (5° C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

Los trabajos de instalación de geotextiles para repavimentación se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

464.4.8 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

464.4.9 Reparaciones

Todos los defectos que se presenten durante la ejecución de los trabajos, tales como juntas irregulares, defectos en la aplicación del ligante o en la colocación del geotextil, irregularidades del alineamiento, etc., así como los que se deriven de un incorrecto control del tránsito recién terminados los trabajos, deberán ser corregidos por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

464.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

464.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles:

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo.
- Verificar la preparación de la superficie existente, según lo establecido en los documentos del proyecto y lo indicado en el numeral 464.4.1.
- Verificar la correcta dosificación de la cantidad de ligante asfáltico según lo establecido en los documentos del proyecto y lo definido en la obra con base en los resultados de las pruebas iniciales mencionadas en el numeral 464.4.2.
- Verificar la viscosidad del ligante en el momento de colocación del geotextil, de acuerdo a lo descrito en el numeral 464.4.3.
- Verificar la correcta colocación del geotextil, los tratamientos de las arrugas y los traslapes entre los rollos de geotextil, de acuerdo a lo descrito en el numeral 464.4.4 de esta especificación.
- Supervisar la correcta aplicación del procedimiento constructivo aceptado.
- Comprobar que los materiales a utilizar cumplan con los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.
- Vigilar las condiciones climáticas durante los procesos de aplicación del ligante asfáltico y la instalación del geotextil.
- Efectuar los ensayos de control sobre el ligante asfáltico y el geotextil.
- Verificar que cada rollo de geotextil tenga en forma clara la información del fabricante, el número del lote de fábrica y la referencia del producto, así como la composición química del mismo.

- Comprobar que durante el transporte y el almacenamiento, los geotextiles tengan los empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo y otros materiales que puedan afectar sus propiedades.
- Medir, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas a satisfacción.

464.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

464.5.2.1 Calidad del material bituminoso

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para la emulsión asfáltica serán los establecidos en los Artículos 411 o 415.

464.5.2.2 Dosificación del ligante asfáltico

Para la comprobación de la dosificación del ligante asfáltico, se considerará como lote, que será aceptado o rechazado en su integridad, la menor área que resulte de aplicar los tres (3) siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500 m) de calzada con geotextil;
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de calzada con geotextil;
- La superficie construida en un día de trabajo.

La dosificación del asfalto se comprobará mediante la norma de ensayo INV E-818 en no menos de cinco (5) puntos del área considerada como lote, ubicados al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

La tasa media de aplicación de ligante residual (TML) por lote, no podrá variar en más de quince por ciento (15 %) de la autorizada por el Interventor (TEL).

$0.85 \text{ TEL} \leq \text{TML} \leq 1.15 \text{ TEL}$

[464.1]

El Interventor se abstendrá de aceptar áreas regadas donde la dosificación media de ligante esté por fuera del rango especificado. Tampoco se aceptará un lote donde más de un punto de ensayo presente un resultado por fuera del límite citado. El Interventor determinará las medidas por adoptar cuando se presenten estos incumplimientos.

El costo de los materiales, equipos y operaciones requeridos para la corrección de defectos o excesos en el riego asfáltico, deberá ser asumido por el Constructor.

464.5.2.3 Calidad del geotextil

Por cada lote de rollos que llegue a la obra, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante del geotextil, donde se establezca el nombre del producto, la composición química relevante de los filamentos o cintas y toda la información que describa al geotextil, así como los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer todas las condiciones establecidas en la Tabla 464 - 1. El Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de geotextil que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Sin embargo, dicha constancia no evitará, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del Interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega.

El fabricante será responsable de establecer y mantener un programa de control de calidad, el cual debe ser informado al Interventor mediante un documento que lo describa.

La certificación del fabricante deberá hacer constar que el geotextil suministrado ofrece los valores mínimos promedio por rollo "VMPR", de acuerdo a los establecidos en su hoja de especificaciones de producto, obtenidos bajo el programa de control de calidad del fabricante. La certificación del fabricante deberá estar amparada por un sistema de gestión

de la calidad certificado bajo la norma ISO 9001 vigente, y deberá estar escrita en español o inglés.

Además, se deberá escoger al azar un número de rollos equivalente a la raíz cúbica del número total de rollos que conformen el lote. Se evaluarán rollos estándar con un área entre cuatrocientos y seiscientos metros cuadrados (400 y 600 m^2) cada uno. En el caso de rollos con áreas diferentes, el total de metros cuadrados se deberá convertir a unidades de rollos equivalentes de quinientos metros cuadrados (500 m^2).

De cada rollo se deberán descartar las dos primeras vueltas de geotextil para el muestreo. Posteriormente, se deberá tomar una muestra, como mínimo de un metro lineal (1 m) por el ancho correspondiente al rollo, verificando que esté totalmente seca y limpia. El número de especímenes se determinará de conformidad con las normas ASTM D 4354 *“Standard Practice for Sampling of Geosynthetics and Rolled Erosion Control Products (RECPs) for Testing”* y ASTM D4759 *“Standard Practice for Determining the Specification Conformance of Geosynthetics”*.

Las muestras, debidamente identificadas (número de lote, referencia del producto, etc.), se deberán empacar y enviar a un laboratorio distinto al del fabricante o proveedor, para que les sean realizadas las pruebas especificadas en la Tabla 464 - 1.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en la Tabla 464 - 1. Por ningún motivo se aceptarán geotextiles rasgados, agujereados o usados.

464.6 MEDIDA

La unidad de medida será el metro cuadrado (m^2), aproximado al entero, de ligante y geotextil colocados a satisfacción del Interventor, de acuerdo con lo exigido por la presente especificación. El área se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje del trabajo, por el ancho especificado en los planos u

ordenado por el Interventor. No se medirá ningún área por fuera de tales límites, ni se considerarán, para efecto del pago, los traslapes.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

464.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por metro cuadrado (m^2), para toda obra ejecutada de acuerdo con la presente especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir el suministro, el almacenamiento y el transporte del geotextil; el barrido y el soplado de la superficie sobre la que se colocará el geotextil; los costos de las pruebas iniciales; el suministro, el almacenamiento, el transporte y la aplicación del ligante asfáltico; la colocación del geotextil; la protección de todos los elementos aledaños a la zona de los trabajos y que sean susceptibles de ser manchados por los riegos de asfalto; los costos de los desvíos que fuese necesario construir con motivo de la ejecución de las obras; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos y el período posterior en que se deba impedir o controlar, de acuerdo con las instrucciones del Interventor; así como toda labor, mano de obra, equipo o material necesarios para la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberán incluir, también, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

El sellado previo de fisuras y grietas se pagará según el Artículo 466.

464.8 ÍTEM DE PAGO

464.1 Geotextil para repavimentación

Metro cuadrado (m^2)

EXCAVACIÓN PARA REPARACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EXISTENTE

ARTÍCULO 465 – 13

465.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo se refiere a la excavación de zonas deterioradas de un pavimento asfáltico, de acuerdo con los documentos técnicos del proyecto y las indicaciones del Interventor; incluye, también, la remoción, cargue, transporte, descargue y disposición de los materiales excavados, y la compactación del fondo de las excavaciones realizadas.

Si las capas de asfálticas del pavimento por reparar se cortan y remueven empleando una máquina fresadora, dicha remoción quedará cubierta por el Artículo 460.

465.2 MATERIALES

No se requieren materiales para la ejecución de los trabajos objeto del presente Artículo.

465.3 EQUIPO

Además de lo que se indica a continuación, se considerará lo aplicable del numeral 400.3 del Artículo 400.

465.3.1 Máquina cortadora de pavimento

Para la ejecución de los cortes de las áreas por excavar se requieren máquinas cortadoras de pavimento con discos diamantados o de algún otro elemento abrasivo que permita obtener resultados equivalentes. El diámetro de los discos deberá ser el necesario para alcanzar la profundidad de las capas asfálticas por cortar y su potencia deberá garantizar la operación en una sola pasada, sin generar desprendimientos en las zonas de corte. El número de equipos será el necesario para realizar las excavaciones en cumplimiento del programa de trabajo.

465.3.2 Equipo para excavación y remoción

Se requieren taladros neumáticos, picos, escarificador de motoniveladora u otro equipo apropiado para remover las capas de la estructura existente.

465.3.3 Equipos para cargar, transportar y disponer los materiales excavados

Se requieren cargador, vehículos de transporte de materiales, eventual tractor con hoja topadora y compactador para la disposición y compactación de los escombros en el vertedero.

465.3.4 Otros elementos

Se requieren elementos adecuados para la compactación del fondo de la excavación y las herramientas auxiliares necesarias para la correcta ejecución del trabajo especificado.

No se aceptará el empleo de equipos que puedan causar daño al pavimento fuera de la zona por reparar.

465.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

465.4.1 Demarcación de las áreas por excavar

Antes de dar inicio a los trabajos de corte, el Interventor, o el Constructor bajo la supervisión de aquel, marcarán las áreas por someter a reparación, las cuales deberán abarcar todas las zonas dañadas del pavimento en reparación.

La demarcación se efectuará haciendo uso de figuras geométricas, cuadradas o rectangulares, cuyas caras longitudinales y transversales deberán ser, respectivamente, paralelas y perpendiculares al eje de la vía.

Efectuada la demarcación y antes de iniciar los trabajos de excavación para reparación del pavimento existente, el Constructor deberá diseñar un plan para la ejecución de las excavaciones y el posterior relleno de las mismas, que minimice las molestias a los usuarios y suprima los peligros para todo tipo de tránsito que haga uso de la vía. Dicho plan deberá ser evaluado por el Interventor, quien vigilará su cumplimiento una vez que le brinde su aprobación, la cual es indispensable para el inicio de los trabajos de corte y excavación.

465.4.2 Corte

Las capas asfálticas de las áreas delimitadas deberán ser cortadas con la máquina cortadora de pavimento, garantizando que las paredes excavadas sean uniformes y verticales.

465.4.3 Excavación

Una vez conformados los bordes de la excavación a través de las capas asfálticas, el Constructor excavará con el equipo aprobado hasta la profundidad señalada por el Interventor y removerá el material excavado, de manera que el fondo de la excavación sea plano, uniforme y firme.

Las paredes de la excavación deberán mantener la verticalidad obtenida durante el proceso de corte.

465.4.4 Compactación del fondo de la excavación

El fondo de la excavación deberá ser compactado en un espesor no menor de quince centímetros (15 cm), de acuerdo con los niveles de densidad que se indican en el numeral 465.5.2.2.

465.4.5 Cargue, transporte, descargue y disposición de los materiales excavados

El Constructor retirará todos los materiales excavados, los cuales deberán ser cargados en volquetas cubriéndolos con lonas u otros protectores adecuados, debidamente asegurados a la carrocería y transportados a los sitios de disposición indicados en los documentos del proyecto o definidos por el Interventor. Los materiales deberán ser transportados el mismo día en que sean excavados.

El volumen de material cargado en cada volqueta deberá ser tal, que no se excedan los límites de peso por eje y total establecidos por el Ministerio de Transporte para circulación por las carreteras nacionales.

Los materiales deberán quedar dispuestos en el vertedero de tal manera, que cumplan todas las reglamentaciones legales vigentes al respecto, en especial las referentes a la protección del medio ambiente, asegurando que no generen inestabilidad del terreno ni obstrucciones en el drenaje.

465.4.6 Control del tránsito

Durante la ejecución de las excavaciones y antes y durante su relleno, el Constructor deberá proveer todos los medios de señalización y

ordenamiento del tránsito que sean necesarios para garantizar la circulación segura y será responsable por todo daño o perjuicio que se produzca a terceros por su descuido o negligencia durante la ejecución de las reparaciones.

El Interventor deberá ordenar el relleno completo y adecuado de la excavación en el menor tiempo en que ello resulte técnicamente factible.

465.4.7 Manejo ambiental

Los trabajos de excavación para la reparación de un pavimento asfáltico existente se deberán acometer considerando la protección del medio ambiente y todas las disposiciones legales vigentes sobre el particular.

Por ningún motivo se permitirá que los escombros de la excavación sean depositados en la zona del derecho de vía, en cursos o láminas de agua o en áreas ecológicamente sensibles.

Cuando el trabajo se realice en cercanías de áreas habitadas, se deberá hacer en horas y con equipos que produzcan la menor contaminación acústica, según la reglamentación vigente.

465.4.8 Reparaciones adicionales

Si los equipos o los procedimientos empleados por el Constructor producen daños en las zonas adyacentes a las demarcadas, éstos deberán ser reparados por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

465.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

465.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo;
- Verificar la verticalidad de las paredes de la excavación y la adecuada compactación de su fondo;

- Verificar que la disposición de los materiales excavados se realice de acuerdo con las normas y reglamentos vigentes;
- Verificar que las medidas de señalización y control de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos, garanticen la seguridad de los usuarios en la vía;
- Verificar el cumplimiento de todas las medidas ambientales y de seguridad requeridas.

465.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

465.5.2.1 Acabado de la excavación

Las excavaciones sólo se aceptarán si la verticalidad de las paredes y su paralelismo y perpendicularidad con respecto al eje de la vía, resultan satisfactorios para el Interventor.

465.5.2.2 Compactación del fondo de la excavación

El Interventor decidirá el número de pruebas de control de compactación por efectuar, en función del tamaño del área excavada. Al efecto, la densidad se podrá comprobar por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164.

Ningún ensayo podrá dar lugar a un porcentaje de compactación inferior al cien por ciento (100 %) con respecto a la densidad máxima del ensayo modificado de compactación (norma de ensayo INV E-142), si la superficie expuesta corresponde a una base granular, o al noventa y cinco por ciento (95 %) con respecto al mismo ensayo, cuando se trate de una subbase granular o una subrasante arenosa; si se trata de una subrasante arcillosa, la densidad de referencia será el cien por ciento (100 %) del ensayo normal de compactación (norma de ensayo INV E-141).

El incumplimiento de este requisito implica el rechazo de los trabajos. En este caso, el Constructor deberá recompactar el fondo de la excavación hasta obtener los niveles de compactación mencionados en el párrafo anterior.

Si al realizar las excavaciones que son objeto de este Artículo se encuentran en su fondo capas estabilizadas o capas asfálticas de un pavimento antiguo y el Interventor considera que ellas no deben ser removidas, no habrá lugar a la aplicación de la exigencia sobre compactación mencionada en este inciso.

465.6 MEDIDA

La unidad de medida de la excavación para reparación del pavimento asfáltico existente será el metro cúbico (m³), aproximado a la décima de metro cúbico, de excavación realizada de acuerdo con esta especificación, debidamente aceptada por el Interventor.

Si las capas asfálticas se han cortado con una máquina fresadora, su volumen removido será objeto de medida y pago con cargo al Artículo 460.

El volumen se medirá multiplicando cada una de las áreas definidas por el Interventor por la profundidad media de cada excavación. No se incluirá en la medida ningún volumen por fuera de estos límites.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

465.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor. El precio unitario deberá cubrir todos los costos relacionados con el corte y escarificación del pavimento asfáltico en el espesor ordenado por el Interventor; la excavación, remoción, cargue, transporte, depósito y correcta disposición, incluida la eventual compactación de los materiales excavados en vertederos aprobados; la compactación del fondo de las excavaciones, la señalización y el control de todo tipo de tránsito durante la ejecución de la excavación y el período adicional que determine el Interventor y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

Si el corte y la remoción de las capas asfálticas se realizan con una máquina fresadora, el precio unitario pactado en el presente Artículo solo cubrirá la excavación de las capas subyacentes.

El precio unitario deberá incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

Los costos del relleno de las excavaciones se pagarán de acuerdo con los materiales empleados para ello, según se indica en los Artículos correspondientes.

465.8 ÍTEM DE PAGO

- | | | |
|-------|---|--------------------------------|
| 465.1 | Excavación para reparación del pavimento asfáltico existente incluyendo el corte y la remoción de las capas asfálticas y de las subyacentes | Metro cúbico (m ³) |
| 465.2 | Excavación para reparación del pavimento asfáltico existente excluyendo el corte y la remoción de las capas asfálticas | Metro cúbico (m ³) |

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIA

SELLO DE GRIETAS EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

ARTÍCULO 466 – 13

466.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la conformación (ruteo) y la limpieza de las grietas lineales aisladas de un pavimento de mezcla bituminosa y su sellado empleando un producto de aplicación en caliente, de acuerdo con lo establecido en los planos y demás documentos del proyecto y las instrucciones del Interventor.

Este Artículo no aplica al sellado de aquellas áreas donde las grietas se encuentran formando bloques interconectados como las de tipo piel de cocodrilo, motivadas en la fatiga del pavimento. Tampoco a fisuras cuya abertura sea menor de 6 mm.

466.2 MATERIALES

El material para el sello de grietas deberá ser del tipo de aplicación en caliente, que cumpla los requisitos físicos de calidad indicados en la norma ASTM D 6690. Los ensayos respectivos se efectuarán conforme lo establece la norma de ensayo ASTM D 5329.

466.3 EQUIPO

El Constructor deberá poner a disposición de los trabajos el equipo necesario para su correcta ejecución, incluyendo una caldera de doble fondo para el calentamiento del producto sellante, un compresor de aire, lanzas de aire comprimido caliente, elementos para la conformación (ruteo) y sello de las grietas, vehículos de transporte y herramientas adicionales tales como escobas, palas, etc. El equipo deberá ser mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que duren los trabajos y deberá ser operado por personal capacitado.

Si el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, el Interventor ordenará la suspensión inmediata de los trabajos hasta que el Constructor corrija las deficiencias, lo reemplace o sustituya al operador, según corresponda.

La caldera deberá ser de doble fondo y el espacio entre los dos fondos deberá estar lleno de aceite para la transferencia de calor, de manera de impedir que la llama entre en contacto directo con el recipiente que contiene el producto sellante. El

aceite deberá tener un punto de inflamación no menor de 280° C. La caldera deberá disponer de un dispositivo de control automático de temperatura y un equipo de agitación que prevenga variaciones localizadas de la temperatura del sellante. Deberá estar dotada, además, de dos (2) termómetros para controlar la temperatura del sellante y la del aceite. Además, deberá estar montada sobre llantas neumáticas y deberá tener una placa metálica bajo el fogón, para proteger el pavimento.

El equipo mecánico para la conformación de las grietas (ruteadora) deberá ser de cuchillas múltiples rotatorias de carburo montadas alrededor de un volante, sostenidas en su lugar por pasadores de acero endurecido. El equipo deberá ser capaz de producir el contorno especificado de manera fácil y en una sola pasada y deberá ser accionado por un motor de, cuando menos, 15 kW de potencia.

El compresor deberá tener trampas capaces mantener el aire comprimido libre de agua y aceite y deberá producir una corriente continua de aire limpio y seco a una presión no inferior a seiscientos kilopascales (600 kPa) y en un volumen no menor de cuatro y medio metros cúbicos por minuto (4.5 m³/min).

La lanza de aire comprimido deberá ser capaz de suministrar una corriente continua de aire a alta presión a una temperatura de mil grados Celsius (1000° C) y a una velocidad de descarga de mil metros por segundo (1000 m/s), sin llama en el orificio de salida.

El equipo de aplicación del producto sellante deberá trabajar a presión y tener la capacidad suficiente para inyectar en flujo continuo el volumen requerido de sellante, hasta la profundidad adecuada. Deberá estar equipado con una boquilla cuya forma ajuste dentro de las grietas por sellar y dispondrá de un termómetro para verificar la temperatura de aplicación.

466.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

466.4.1 Transporte y almacenamiento

El transporte y el almacenamiento de todos los productos requeridos para la ejecución de los trabajos objeto de este Artículo son de responsabilidad exclusiva del Constructor, quien deberá realizarlos de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes de dichos productos y de manera que no se produzcan alteraciones que ocasionen deficiencias en la calidad de la obra. El transporte se ajustará, en todo lo que corresponda, a la

reglamentación vigente en cuanto a cargas y dimensiones y a protección ambiental.

466.4.2 Labores previas

Antes de iniciar los trabajos de sello de grietas, el Constructor deberá instalar señales de prevención y dispositivos de seguridad, así como contar con los bandereros y paleteros requeridos, todo ello según lo establezca el capítulo referente a señalización de calles y carreteras afectadas por obras, del Manual de Señalización Vial vigente. En ningún caso se permitirá la ejecución de los trabajos de sello de grietas, mientras no se cumpla lo establecido en este numeral.

466.4.3 Preparación de las grietas

Todas las grietas por sellar que indique el Interventor y que tengan un ancho mayor de 6 mm y menor o igual a 20 mm deberán ser conformadas mecánicamente en un ancho y una profundidad de 20 mm. La ruteadora deberá exhibir, en todo momento, la capacidad de conformar el depósito de diseño en una sola pasada. El Constructor deberá cambiar las cortadoras siempre que se presente alguna evidencia de que la configuración especificada para el depósito del sello no se está logrando de manera expedita en una sola pasada.

La operación debe ser correcta, con el fin de cortar las paredes débiles y oxidadas de la grieta, dejando el pavimento con la resistencia necesaria para asegurar la adhesión del sello a largo plazo y creando el depósito de dimensiones adecuadas que permita colocar suficiente cantidad de sello.

Una vez elaborado, el depósito deberá presentar paredes verticales y un perfil horizontal uniforme y deberá ser limpiado con aire comprimido para remover partículas de polvo, materiales sueltos y humedad que impidan la adhesión del producto sellante.

Antes de aplicar el sellante, los bordes expuestos de la capa asfáltica recién cortada deberán ser tratados con la lanza de aire comprimido caliente hasta que la grieta se encuentre completamente seca y ligeramente oscurecida.

Las grietas cuyo ancho sea superior a 20 mm no requieren conformación, pero deberán ser limpiadas de todo material suelto y extraño en una profundidad, cuando menos, igual a su ancho.

Siempre que en el interior de una grieta se encuentren atrapados materiales incompresibles, ellos deberán ser removidos cuidadosamente.

Por ningún motivo se permitirá el empleo de barras, cinces o equipos neumáticos de percusión que puedan afectar la mezcla asfáltica, como tampoco solventes que puedan disolver el asfalto o degradar o transportar los elementos contaminantes hacia el fondo de la grieta e impedir la adecuada adherencia del material sellante.

Antes de proceder al sellado, todo material suelto que quede en la superficie del pavimento, como resultado de las operaciones de conformación o de limpieza de las grietas, deberá ser removido mediante barrido o soplado con aire comprimido, de una manera que resulte satisfactoria para el Interventor y no produzca molestias a los usuarios ni a los vecinos de la vía.

466.4.4 Sellado de las grietas

El material sellante deberá ser colocado dentro de la grieta en un término no mayor de 2 minutos desde que la lanza de aire caliente haya pasado por las grietas y sus superficies aledañas. Este tiempo es crítico y, por lo tanto, entre más breve sea, el trabajo quedará mejor ejecutado.

El sellante deberá ser calentado y aplicado dentro de los rangos de temperatura especificados, en acuerdo con las recomendaciones del fabricante. La temperatura del sellante en el instante de su descarga en el depósito deberá ser tal, que le permita fluir libremente a través de la grieta. El sellado de las grietas no podrá comenzar mientras no se haya determinado que el producto ha alcanzado la temperatura correcta de colocación. El sellante se aplicará desde el fondo de la grieta hacia la superficie.

La operación de sellado deberá ser limpia, rellenando únicamente las áreas requeridas, sin dejar manchas en el pavimento fuera de la grieta, evitando derrames y pérdidas de material.

Ningún sellante que se haya calentado en exceso de 10° C o más, por encima de la temperatura de calentamiento seguro especificada por el fabricante, podrá ser empleado para los trabajos de que es objeto el presente Artículo.

Toda cantidad de sellante aplicada en exceso deberá ser removida inmediatamente se termine la aplicación, utilizando elementos enrasadores provistos de allanadores de caucho o de neopreno.

Una vez concluido el sellado, la superficie de rodamiento deberá presentar una textura uniforme, sin rebordes que impidan el libre escurrimiento del agua superficial sobre la carpeta.

466.4.5 Control del tránsito

No se permitirá la circulación del tránsito automotor mientras el sellante no haya curado, para evitar que pueda ser desprendido. En sitios tales como intersecciones, donde el control del tránsito no resulte práctico, el Constructor deberá prevenir el levantamiento del sellante o la formación de huellas en él, aplicando arena u otro producto secante aprobado por el Interventor. Esta aplicación no se podrá realizar hasta que el sellante haya enfriado lo suficiente como para impedir la inclusión del producto de protección dentro del sellante.

466.4.6 Limitaciones en la ejecución

No se permitirán la realización de los trabajos objeto del presente Artículo cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie del pavimento sean inferiores a cinco grados Celsius (5° C), la superficie se encuentre húmeda o haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra.

Los trabajos se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

466.4.7 Manejo ambiental

Durante los trabajos de sello de grietas, el Constructor deberá tomar todas las precauciones necesarias para evitar la contaminación de aire, suelos, aguas superficiales o subterráneas y la flora, conforme a lo señalado en la reglamentación ambiental vigente. En particular, deberá:

- Evitar la colocación de la caldera en vecindades de algún curso de agua o de sistemas de alcantarillado;
- Evitar el calentamiento excesivo del producto sellante;
- Dotar a sus operarios de los elementos que los protejan contra quemaduras y aspiración de vapores tóxicos.

Al término de cada jornada de trabajo o antes si así lo requiere el Interventor, deberá limpiar y remover todos los escombros generados por la operación de sellado de grietas en el área de trabajo. Igual disposición deberá tomar al término definitivo de los trabajos.

El Constructor deberá abstenerse de depositar sobrantes de los trabajos en la zona de derecho de vía o en cualquier otro lugar donde se puedan producir algún perjuicio ambiental.

466.4.8 Conservación de los trabajos

Es responsabilidad del Constructor la conservación del sello de grietas hasta que el trabajo sea recibido a satisfacción por el Interventor.

466.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

466.5.1 Controles

Se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el correcto estado y funcionamiento de los equipos dispuestos para los trabajos;
- Verificar que los recipientes con el sellante vengán acompañados de documentos que certifiquen el nombre del fabricante, el nombre comercial del producto, el número del lote de fabricación y las temperaturas de aplicación y de calentamiento seguro;
- Ejecutar los ensayos para verificar la conformidad del producto con lo establecido en el numeral 466.2, cada vez que el Interventor lo estime conveniente;
- Verificar la correcta ejecución de los trabajos especificados;

- Medir, para efectos de pago, las cantidades de obra correctamente ejecutadas.

466.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias.

Se adelantarán las siguientes actividades:

- Verificar que las temperaturas de calentamiento y aplicación del sellante sean las apropiadas e impedir la utilización de todo sellante cuya temperatura haya excedido en más de 10° C la de calentamiento seguro;
- Verificar la correcta ejecución del depósito para el sellante;
- Verificar el adecuado calentamiento de la grieta antes de aplicar el sellante y controlar el tiempo entre el calentamiento y la aplicación;
- Verificar que el acabado final de la superficie de rodamiento a causa de los trabajos especificados no presente afloramientos del producto sellante o cualquier otro defecto que afecte adversamente la calidad de la circulación o el buen comportamiento del pavimento;
- Verificar que la superficie del pavimento quede limpia y que los excedentes del producto hayan sido retirados y dispuestos de conformidad con las normas vigentes sobre la materia.

El Interventor se abstendrá de aceptar los trabajos realizados si, al efectuar las verificaciones a las cuales hace referencia este inciso, determina algún incumplimiento por parte del Constructor.

466.6 MEDIDA

La unidad de medida del sello de grietas será el metro lineal (m), aproximado al entero, de grieta sellada para cualquier ancho y profundidad de ella, en acuerdo con los documentos del proyecto y a plena satisfacción del Interventor.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

466.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al precio unitario del contrato, por la longitud de grietas correctamente sellada de acuerdo con el presente Artículo y recibida a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de conformación (ruteo), limpieza y calentamiento de las grietas, los de adquisición, manejo, almacenamiento, suministro en el sitio, calentamiento y aplicación del producto sellante en el sitio de colocación final. Además, deberá cubrir los costos por concepto de desperdicios, por limpieza de la superficie luego de los trabajos; control del tránsito antes, durante y después de la ejecución de los trabajos; y, en general, todo costo necesario para el correcto cumplimiento de esta especificación.

El precio unitario deberá incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

466.8 ÍTEM DE PAGO

466.1 Sello de grietas en pavimento asfáltico sin ruteo	Metro lineal (m)
466.2 Sello de grietas en pavimento asfáltico con ruteo	Metro lineal (m)

CAPÍTULO 5 – PAVIMENTOS DE CONCRETO

ART. 500	PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO
ART. 501	SUMINISTRO DE CEMENTO HIDRÁULICO
ART. 505	BASE DE CONCRETO HIDRÁULICO
ART. 510	PAVIMENTO DE ADOQUINES DE CONCRETO

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIA

PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO

ARTÍCULO 500 – 13

500.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo se refiere a la construcción de un pavimento de concreto hidráulico con juntas; y consiste en la elaboración, el transporte, la colocación y el vibrado de una mezcla de concreto hidráulico en forma de losas, con o sin refuerzo; la ejecución y el sellado de juntas; el acabado, el curado y las demás actividades necesarias para la correcta construcción del pavimento de concreto hidráulico, de acuerdo con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos del proyecto o ajustados por el Interventor.

500.2 MATERIALES

500.2.1 Concreto

Estará conformado por una mezcla homogénea de cemento con o sin adiciones, agua, agregados fino y grueso y aditivos, cuando estos últimos se requieran, materiales que deberán cumplir los requisitos básicos que se mencionan a continuación.

500.2.1.1 Cemento

El cemento utilizado será hidráulico, de marca aprobada oficialmente, el cual deberá cumplir lo indicado en el Artículo 501. Si los documentos del proyecto o una especificación particular no señalan algo diferente, se empleará cemento hidráulico de uso general: Portland tipo I (norma ASTM C-150); tipo IS o IP (norma ASTM C595); o tipo GU (norma ASTM C1157).

El Constructor deberá presentar los resultados de todos los ensayos físicos y químicos relacionados con el cemento, como parte del diseño de la mezcla.

Si por alguna razón el cemento ha fraguado parcialmente o contiene terrones del producto endurecido, no podrá ser

utilizado. Tampoco se permitirá el empleo de cemento extraído de bolsas usadas en jornadas anteriores.

500.2.1.2 Agua

Se considera adecuada el agua que cumpla los requisitos establecidos en el numeral 630.2.3 del Artículo 630.

500.2.1.3 Agregado fino

Se considera como tal, la fracción que pasa el tamiz de 4.75 mm (No. 4). Provenirá de arenas naturales o de la trituración de rocas, gravas, escorias siderúrgicas u otro producto que resulte adecuado, de acuerdo con los documentos del proyecto.

El porcentaje de arena de trituración no podrá constituir más de treinta por ciento (30 %) de la masa del agregado fino.

El agregado fino deberá satisfacer el requisito granulométrico señalado en la Tabla 500 - 1. Además de ello, la gradación del agregado fino escogida para el diseño de la mezcla no podrá presentar más de cuarenta y cinco por ciento (45 %) de material retenido entre dos tamices consecutivos y su módulo de finura se deberá encontrar entre 2.3 y 3.1.

Siempre que el módulo de finura varíe en más de dos décimas (0.2) respecto del obtenido con la gradación escogida para definir la fórmula de trabajo, se deberá ajustar el diseño de la mezcla.

Tabla 500 - 1. Granulometría para el agregado fino para pavimentos de concreto hidráulico

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)						
	9.5	4.75	2.36	1.18	0.600	0.300	0.150
	3/8"	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100
	% PASA						
UNICA	100	95-100	80-100	80-85	25-60	10-30	2-10

El agregado fino deberá cumplir, además, los requisitos de calidad indicados en la Tabla 500 - 2.

Tabla 500 - 2. Requisitos del agregado fino para pavimentos de concreto hidráulico

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	10 15
Limpieza (F)		
Índice de plasticidad (%)	E-125 y E-126	NP
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	60
Terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	3
Partículas livianas, máximo (%)	E-221	0.5
Material que pasa el tamiz de 75 µm (No. 200), máximo (%).	E-14	3
Contenido de materia orgánica (F)		
Color más oscuro permisible	E-212	Igual a muestra patrón
Características químicas (O)		
Contenido de sulfatos, expresado como SO ₄ ⁼ , máximo (%)	E-233	1.2
Absorción (O)		
Absorción de agua, máximo (%)	E-222	4

Si el agregado fino no cumple el requisito indicado en la Tabla 500 - 2 para el contenido de materia orgánica, se podrá aceptar si al ser ensayado en relación con el efecto de las impurezas orgánicas sobre la resistencia del mortero, se obtiene una resistencia relativa a siete (7) días no menor de noventa y cinco por ciento (95 %), calculada de acuerdo con el procedimiento descrito en la norma de ensayo ASTM C 87.

500.2.1.4 Agregado grueso

Se considera como tal, la porción del agregado retenida en el tamiz de 4.75 mm (No. 4). Dicho agregado deberá proceder fundamentalmente de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan afectar adversamente la calidad de la mezcla. No se permitirá la utilización de agregado grueso proveniente de escorias de alto horno.

Su gradación se deberá ajustar a alguna de las señaladas en la Tabla 500 - 3. Siempre que el tamaño máximo nominal sea mayor de 25.0 mm (1"), gradaciones AG-1 y AG-2, el agregado grueso se deberá suministrar en las dos fracciones que indica la Tabla 500 - 3.

Tabla 500 - 3. Granulometrías para el agregado grueso para pavimentos de concreto hidráulico

TIPO DE GRADACIÓN		TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
		63.0	50.0	37.5	25.0	19.0	12.5	9.5	4.75	2.36
		2 ½"	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	3/8"	No. 4	No. 8
		% PASA								
AG 1	Fracción 1: 2 ½" a 1"	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-
	Fracción 2: 1 ½" a No.4	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5
AG 2	Fracción 1: 2" a ¾"	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5	-	-
	Fracción 2: 1" a No. 4	-	-	-	100	90-100	-	20-5	0-10	0-5
AG 3	1 ½" a No. 4	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5

La curva granulométrica obtenida al mezclar los agregados grueso y fino en el diseño y construcción del concreto, deberá ser continua y asemejarse a las teóricas obtenidas al aplicar las fórmulas de Fuller o Bolomey.

El tamaño máximo nominal del agregado no deberá superar un tercio (1/3) del espesor de diseño del pavimento. El agregado grueso deberá cumplir, además, los requisitos de calidad señalados en la Tabla 500 - 4.

En los casos en los que la obtención de la textura superficial del pavimento se realice con denudación química, según las especificaciones del numeral 500.4.15 y se prevea, además, una incrustación de gravilla en la superficie del concreto fresco, combinada con la denudación, el tamaño de la gravilla incrustada estará comprendido entre cuatro y ocho milímetros (4 mm - 8 mm), su desgaste Los Ángeles, según la norma de ensayo INV E-218, no será superior a veinte por ciento (20 %) y su coeficiente de pulimento acelerado, según la norma de ensayo INV E-232, no será inferior a cincuenta centésimas (0.50).

Si se denuda el concreto sin incrustación de gravilla, el agregado grueso del concreto deberá tener también, como mínimo, el coeficiente de pulimento acelerado prescrito en el párrafo anterior.

Siempre que se requiera la mezcla de dos (2) o más agregados gruesos para obtener la granulometría de diseño, los requisitos indicados en la Tabla 500 - 4 para dureza, durabilidad y contenido de sulfatos deberán ser satisfechos de manera independiente por cada uno de ellos. La limpieza y las propiedades geométricas se medirán sobre muestras del agregado combinado en las proporciones definidas en la fórmula de trabajo.

Tabla 500 - 4. Requisitos del agregado grueso para pavimentos de concreto hidráulico

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones - 100 revoluciones	E-218	40 8
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	30
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínimo (%)	E-224	90 75
Durabilidad (O)		
Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	10 15
Limpieza (F)		
Terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%).	E-211	3
Partículas livianas, máximo (%).	E-221	0.5
Geometría de las partículas (F)		
Partículas fracturadas mecánicamente (una cara), mínimo (%)	E-227	60
Partículas planas y alargadas (relación 5:1), máximo (%)	E-240	10
Características químicas (O)		
Proporción de sulfatos del material combinado, expresado como SO_4^{2-} , máximo (%)	E-233	1.0
Reactividad álcali - agregado grueso y fino: Concentración SiO_2 y reducción de alcalinidad R Nota: ver numeral 500.2.1.5.3	E-234	$\text{SiO}_2 \leq R$ cuando $R \geq 70$ $\text{SiO}_2 \leq 35 + 0.5R$ cuando $R < 70$

500.2.1.5 Reactividad

Para evaluar la posibilidad de que se presenten expansiones perjudiciales en el concreto debido a la reactividad de los agregados con los álcalis del cemento (reactividad álcali-sílice o álcali-carbonatos), se deberán seguir los lineamientos de las normas ASTM C33 y NTC 174.

500.2.1.5.1 Evaluación de pavimentos en servicio comparables

Para calificar la reactividad potencial, deberá prevalecer, en la mayoría de los casos, la evaluación de pavimentos en servicio que sean comparables; los pavimentos deben haber sido construidos empleando los mismos agregados y el mismo cemento, y deben tener en general al menos 10 años de servicio bajo condiciones de exposición suficientemente parecidas a las de la nueva estructura que se va a construir.

500.2.1.5.2 Inspección petrográfica

La inspección petrográfica para determinar si los agregados contienen sustancias que potencialmente pueden ser perjudicialmente reactivas y en qué cantidades están presentes, se deberá realizar siguiendo las normas ASTM C 295 y NTC 3773.

500.2.1.5.3 Reactividad álcali-sílice

Si el agregado califica como potencialmente reactivo con base en los criterios de la Tabla 500 - 4, no debe ser utilizado en la producción de concretos, a no ser que se demuestre que no es nocivo para el concreto con base en evaluaciones complementarias, como las indicadas en el apéndice de la especificación ASTM C33, en especial las que hacen referencia a las normas ASTM C 227 y C 1260.

Si en la mezcla se emplean arenas provenientes de escorias siderúrgicas, se comprobará que no contengan silicatos inestables ni compuestos ferrosos.

500.2.1.5.4 Reactividad álcali-carbonatos

Los agregados fino y grueso no deberán presentar reactividad potencial de los carbonatos presentes en ellos con los álcalis del cemento. Aunque los agregados que pueden desarrollar potenciales reacciones perjudiciales álcali-carbonatos son poco frecuentes y rara vez hacen parte de los agregados con los cuales se elabora el concreto, si hay sospecha de su existencia se recurrirá a las normas de ensayo ASTM C586 o ASTM C1105 para calificar su potencial reactivo.

500.2.1.6 Aditivos

Se podrán usar aditivos de reconocida calidad para modificar las propiedades del concreto, con el fin de que sea el más adecuado para las condiciones particulares del pavimento por construir. Su empleo se deberá definir por medio de ensayos efectuados con antelación a la obra, con las dosificaciones que garanticen el efecto deseado, sin que se perturben las propiedades restantes de la mezcla, ni representen peligro para la armadura que pueda tener el pavimento.

Los aditivos por usar pueden ser los siguientes:

- Incluidores de aire, los cuales deberán cumplir los requerimientos de la especificación ASTM C 260. El agente incluidor de aire deberá ser compatible con cualquier aditivo reductor de agua que se utilice.
- Aditivos químicos, que pueden ser reductores de agua, acelerantes de fraguado y retardantes de fraguado, los cuales deberán cumplir los requerimientos de la especificación ASTM C 494, incluyendo el ensayo de resistencia a la flexión. Los aditivos reductores de agua se deberán incorporar en la mezcla separadamente de los incluidores de aire, de conformidad con las instrucciones del fabricante.

La utilización de acelerantes y retardantes se debe evitar en la medida de lo posible; se podrán utilizar únicamente en casos especiales, previa evaluación por parte del Constructor, que permita definir las condiciones de empleo de los mismos. El documento con toda la sustentación respectiva, incluyendo los certificados de calidad de los productos propuestos, deberá ser presentado al Interventor para su evaluación y eventual aprobación, sin la cual no se permitirá su uso en el proyecto.

La utilización de acelerantes es indispensable en el caso de que se especifique el uso de concretos de fraguado rápido, técnica conocida como fast-track.

500.2.2 Acero

En los documentos del proyecto se indicará el acero necesario para la construcción del pavimento, bien sea para los elementos de enlace o transferencia en las juntas o como refuerzo de las losas. Las barras de acero deberán cumplir con la especificación ASTM A 615.

500.2.2.1 Pasadores o barras pasajuntas

En las juntas transversales que muestren los documentos técnicos del proyecto y/o en los sitios en que indique el Interventor, se colocarán pasadores como mecanismo para garantizar la transferencia efectiva de carga entre las losas adyacentes. Las barras serán de acero redondo y liso, con límite de fluencia (f_y) mínimo de 280 MPa (2800 kg/cm²); ambos extremos de los pasadores deberán ser lisos y estar libres de rebabas cortantes. En general, las barras deberán estar libres de cualquier imperfección o deformación que restrinja su deslizamiento libre dentro del concreto.

Antes de su colocación, los pasadores se deberán revestir con una capa de grasa u otro material que permita el libre movimiento de ellos dentro del concreto e impida su oxidación.

El casquete para los pasadores colocados en las juntas transversales de dilatación deberá ser de metal u otro tipo de material aprobado y deberá tener la longitud suficiente para cubrir entre cincuenta y setenta y cinco milímetros (50 mm –

75 mm) del pasador, debiendo ser cerrado en el extremo y con un tope para mantener la barra al menos a veinticinco milímetros (25 mm) del fondo del casquete. Los casquetes deberán estar diseñados para que no se desprendan de los pasadores durante la construcción.

500.2.2.2 Barras de amarre

En las juntas que muestren los documentos técnicos del proyecto y/o en los sitios en que indique el Interventor, se colocarán barras de amarre, con el propósito de evitar el desplazamiento de las losas y la abertura de las juntas. Las barras serán corrugadas, con límite de fluencia (f_y) de 420 MPa (4200 kg/cm²).

En general, las barras de amarre no deberán ser dobladas y enderezadas; sin embargo, si por razones constructivas es absolutamente indispensable doblarlas y enderezarlas con expresa autorización del Interventor, se deberá utilizar un acero con límite de fluencia (f_y) de 280 MPa (2800 kg/cm²); en este caso, el Constructor deberá rediseñar el sistema de barras de amarre para acomodarlo a la nueva resistencia, rediseño que deberá ser verificado y aprobado por el Interventor.

500.2.2.3 Refuerzo de las losas

Los documentos del proyecto pueden requerir la colocación de una o dos parrillas de refuerzo en todas o algunas de las losas del proyecto, bien sea como parte integral del diseño o como sistema para controlar la aparición o el ensanche de grietas. Como guía general, se requerirá la colocación de, al menos, una parrilla de refuerzo en las losas que tengan las siguientes características:

- Longitud de la losa (mayor dimensión en planta) superior a 24 veces el espesor de la misma;
- Losas con relación largo/ancho mayor que 1.4;
- Losas de forma irregular (diferente de la rectangular o cuadrada);

- Losas con aberturas en su interior para acomodar elementos tales como pozos de inspección o sumideros.

Losas en las cuales no coinciden las juntas con las de las losas adyacentes.

El acero de refuerzo de las losas estará constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (f_y) de 420 MPa (4200 kg/cm²). Todos los detalles del refuerzo, como cuantía, distribución, localización, etc., deberán quedar claramente definidos en los documentos técnicos del proyecto.

500.2.3 Productos de curado

El curado del concreto se podrá llevar a cabo por medio de:

- Humedad;
- Cubrimiento con películas líquidas;
- Cubrimiento con membranas.

500.2.3.1 Curado por humedad

Si el curado se realiza mediante humedad, el agua utilizada deberá cumplir los requisitos del numeral 630.2.3 del Artículo 630. El material de cobertura podrá ser tela de fique o algodón, arena u otro producto de alta retención de humedad.

500.2.3.2 Cubrimiento con películas líquidas

Para el recubrimiento con películas líquidas, se empleará un producto de reconocida calidad que, aplicado mediante aspersión sobre la superficie del pavimento, genere una película que garantice el correcto curado de éste. Deberá ser de un color claro para reflejar la luz y deberá permitir la verificación de la homogeneidad del vaciado de la mezcla.

La efectividad de los productos de curado se debe demostrar mediante experiencias previas exitosas o ensayos al inicio de la colocación del concreto. Deberán cumplir la especificación ASTM C 309, tipo 2 clase B, o clase A sólo si la base es de parafina.

500.2.3.3 Cubrimiento con membranas.

Las láminas de curado pueden ser de polietileno blanco o de papel de curado, que cumplan la especificación ASTM C 171.

500.2.4 Membranas para la separación del pavimento

En caso de que los documentos del proyecto lo dispongan, se emplearán membranas de separación entre las losas y su capa de apoyo, cuya función es evitar la adherencia entre el concreto de las losas y el material de base o evitar el reflejo de fisuras de la base en las losas de concreto. Estas membranas deberán cumplir la especificación ASTM C 171.

Este tipo de membranas es recomendable cuando las losas de concreto se apoyan sobre bases de concreto sin juntas o con juntas que no coincidan con las de las losas del pavimento.

500.2.5 Productos para las juntas**500.2.5.1 Material de sello**

El material de sello podrá ser de silicona o de aplicación en caliente. En los documentos técnicos del proyecto se especificará el tipo de material de sello por emplear en las juntas del pavimento, el cual deberá cumplir las especificaciones de la Tabla 500 - 5.

Tabla 500 - 5. Especificaciones para el material de sello de juntas en pavimentos de concreto hidráulico

TIPO DE SELLO	ESPECIFICACIÓN ASTM
Sello de silicona	D5893, tipo autonivelante
Sello de aplicación en caliente	D 6690

500.2.5.2 Tirilla o cordón de respaldo

La tirilla de respaldo deberá ser de espuma de polietileno extruida de celda cerrada y de diámetro aproximadamente veinticinco por ciento (25 %) mayor que el ancho de la caja de junta. Deberá cumplir con la especificación ASTM D 5249.

500.2.5.3 Material de relleno para juntas de expansión

El material de relleno para juntas de expansión deberá ser suministrado en piezas de la altura y el largo requeridos para la junta. Previa autorización del Interventor, se podrán utilizar ocasionalmente dos piezas para completar el largo (nunca la altura), caso en el cual los dos extremos que se juntan deberán quedar adecuadamente asegurados, para garantizar la conservación de la forma requerida, sin moverse. Los materiales por emplear deberán cumplir alguna de las especificaciones ASTM D 994, D 1751 o D 1752.

500.2.6 Resina epóxica

Si se insertan barras dentro del concreto endurecido, en orificios elaborados mediante taladrado, su anclaje al pavimento se deberá asegurar empleando resina epóxica conforme con la especificación ASTM C 881, Tipo I, grado 3, clase C. Las clases A y B se pueden emplear, si la temperatura del concreto endurecido es inferior a dieciséis grados Celsius (16° C).

La resina epóxica que se utilice para la reparación de fisuras a edades tempranas del concreto, deberá ser del Tipo IV, Grado 1, de la especificación ASTM C 881, y la que se use como imprimante para la reparación de juntas astilladas, será del Tipo III, Grado 1, de la misma especificación.

500.3 EQUIPO

El Constructor deberá poner al servicio de los trabajos contratados todo el equipo necesario para manejar los materiales y mezclas y ejecutar todas las partes del pavimento de concreto hidráulico, conforme se establece en el presente Artículo.

Para definir el equipo de construcción del pavimento, el Constructor deberá tener en cuenta todos los aspectos relacionados con la logística de producción, transporte y colocación, y las condiciones del proyecto, tales como el perfil de la vía y el espacio disponible. La selección del equipo más adecuado en términos de calidad y rendimiento deberá considerar, entre otros, los siguientes aspectos:

- Perfil especificado para la vía;

- Ancho de calzada;
- Ancho de fundida;
- Espesor del pavimento;
- Condiciones del entorno;
- Rendimiento requerido.

Todo el equipo deberá ser situado en el sitio de los trabajos con anticipación suficiente al inicio de las operaciones de pavimentación, con el fin de que el Interventor lo pueda revisar con todo detalle y aprobar su utilización.

En todos los casos, el equipo se deberá ajustar a lo dispuesto en la legislación vigente en las materias ambiental, de seguridad, de salud y de transporte.

500.3.1 Equipo para la elaboración de agregados y la fabricación del concreto

Al respecto, resulta aplicable el contenido de los numerales 630.3.1 y 630.3.2 del Artículo 630. La producción horaria de la central de fabricación deberá ser capaz de suministrar el concreto sin que se interrumpa la alimentación de la pavimentadora, cuando este equipo se utilice.

500.3.2 Elementos de transporte

El transporte del concreto a la obra se realizará en camiones mezcladores provistos de tambor giratorio cerrado con paletas internas, los cuales estarán equipados con cuentarrevoluciones. Deberán ser capaces de proporcionar mezclas homogéneas y descargar su contenido sin que se produzcan segregaciones.

Para distancias de transporte cortas, se podrán emplear camiones del tipo volqueta, sin elementos de agitación, de forma que se impida toda segregación, exudación, evaporación de agua o intrusión de cuerpos extraños en aquél. Su caja deberá ser lisa y estanca, y estar perfectamente limpia, para lo cual se deberá disponer de un equipo adecuado. Estos camiones deberán estar siempre provistos de una lona o cobertor para proteger el concreto fresco durante su transporte, evitando la excesiva evaporación del agua o la intrusión de elementos extraños. Se deberá disponer de los equipos necesarios para la limpieza de los elementos de transporte antes de recibir una nueva carga de concreto.

Ambos tipos de equipos de transporte deben cumplir la especificación ASTM C 94.

El Constructor deberá tener en cuenta y cumplir todas las disposiciones vigentes sobre tránsito automotor y medio ambiente, emanadas por las autoridades competentes, en especial el Ministerio de Transporte (MT) y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

500.3.3 Equipos de puesta en obra del concreto

La mezcla de concreto se extenderá y se consolidará por los medios apropiados para garantizar la homogeneidad de la mezcla colocada, evitando la segregación y la aparición de vacíos y logrando alcanzar el espesor y la densidad adecuados y el contenido de aire especificado. La colocación se puede realizar mediante extendido entre formaletas fijas o con equipos de formaletas deslizantes.

En general, el extendido entre formaletas fijas solo se recomienda para vías con nivel de tránsito uno (NT1) o para elementos especiales en vías de alto tránsito, tales como intercambiadores, remates, áreas pequeñas y similares. Para vías con tránsitos mayores (NT2 y NT3), se recomienda el extendido con equipos de formaletas deslizantes.

500.3.3.1 Elementos necesarios para la puesta en obra del concreto empleando formaletas fijas

Cuando se emplee el método de construcción con formaletas fijas, el equipo mínimo necesario para la ejecución de las obras estará integrado, básicamente, por los siguientes elementos:

500.3.3.1.1 Formaletas

Las secciones de formaleta para la construcción no deberán tener una longitud menor de tres metros (3 m) y su altura será igual al espesor del pavimento por construir. Deberán ser metálicas y tener la suficiente rigidez para que no se deformen durante la colocación del concreto y, si van a servir como rieles para el desplazamiento de equipos, para no deformarse bajo la circulación de los mismos. El ancho de su base debe ser mayor o igual al ochenta

por ciento (80 %) del espesor del pavimento y nunca menor de veinte centímetros (20 cm).

En la mitad de su espesor y a los intervalos requeridos, las formaletas tendrán orificios para insertar a través de ellos las barras de amarre, cuando ellas estén contempladas en el proyecto de las obras.

La fijación de las formaletas al suelo se hará mediante pasadores de anclaje adecuadamente separados, que impidan cualquier desplazamiento vertical u horizontal a causa de la presión de la mezcla y de la vibración del equipo.

En las curvas, las formaletas se acomodarán a los polígonos más convenientes, pudiéndose emplear formaletas rectas rígidas, de la longitud que resulte más adecuada.

Se deberá disponer de un número suficiente de formaletas para tener colocada, en todo momento de la obra, una longitud por utilizar igual o mayor que la requerida para tres (3) horas de trabajo, más la cantidad necesaria para permitir que el desformateado del concreto se haga a las dieciséis (16) horas de su colocación.

500.3.3.1.2 Equipo para la construcción del pavimento

Estará constituido por reglas o rodillos vibratorios que se desplazan sobre las formaletas fijas y producen simultáneamente la consolidación y la nivelación de la superficie del pavimento. Deberán tener el peso adecuado y contar con sus sistemas de vibración en apropiado estado de funcionamiento.

Para lograr la consolidación adecuada del concreto, será indispensable añadir vibración interna por medio de vibradores de agujas. En todos los casos, el equipo de vibración deberá garantizar una densificación uniforme en profundidad y en planta; el número, el espaciamiento y la frecuencia de los vibradores serán los necesarios para obtener un

concreto homogéneo y denso, que cumpla las recomendaciones de la norma ACI – 309R, relacionadas con la consolidación del concreto. La frecuencia de vibración de cada unidad no será inferior a tres mil quinientos (3500) ciclos por minuto para los vibradores de superficie, ni menor de cinco mil (5000) ciclos por minuto para los vibradores del interior, y la amplitud de vibración deberá ser suficiente para ser perceptible en la superficie del concreto a lo largo de la longitud vibrante y a una distancia mayor de trescientos milímetros (> 300 mm).

El Constructor deberá proveer un sistema electrónico o mecánico para verificar las características de operación de los vibradores, las cuales deben ser controladas al menos dos (2) veces al día o cuando lo solicite el Interventor.

500.3.3.2 Pavimentadora de formaletas deslizantes para la puesta en obra del concreto

La máquina pavimentadora de formaletas deslizantes deberá extender el concreto fresco en el espesor de diseño, consolidarlo y enrasarlo uniformemente, para obtener un pavimento denso y homogéneo.

La pavimentadora deberá estar equipada de un sistema guiado por hilo, con mecanismos de ajuste suficientemente sensibles para que actúen cuando las desviaciones de la máquina respecto del hilo excedan de tres milímetros (3 mm) en elevación o diez milímetros (10 mm) en planta.

La máquina deberá estar dotada de formaletas móviles de dimensiones, forma y resistencia suficientes para sostener lateralmente el concreto fresco durante el tiempo necesario para la construcción del pavimento, con la sección transversal requerida, sin caídas en los bordes de la losa. Deberá tener, además, dispositivos adecuados para mantener limpios los caminos de rodadura del conjunto de los equipos de extensión y terminación.

La pavimentadora consolidará adecuadamente el concreto por vibración interna en todo el ancho colocado, mediante vibradores transversales o una serie de unidades de vibrado longitudinal; en este caso, la separación entre unidades de vibrado estará comprendida entre cuatrocientos y seiscientos milímetros (400 mm-600 mm), medidos centro a centro. Además, la separación entre el centro de la unidad de vibrado externa y la cara interna de la formaleta correspondiente, no excederá de ciento cincuenta milímetros (150 mm).

La frecuencia de vibración de cada unidad no será inferior a cinco mil (5000) ciclos por minuto y la amplitud de la vibración deberá ser suficiente para ser perceptible en la superficie de concreto a lo largo de la longitud vibrante y a una distancia mayor de trescientos milímetros (> 300 mm).

Los elementos vibratorios de la pavimentadora no se deberán apoyar sobre pavimentos terminados y dejarán de funcionar en el instante en que ella se detenga.

La longitud de la placa conformadora de la pavimentadora será la necesaria para que no se aprecien ondulaciones en la superficie del concreto tras el borde posterior de la placa.

Si los pasadores o las barras de amarre se insertan en el concreto fresco por vibración, el equipo de inserción no requerirá que la pavimentadora se detenga y, para los pasadores, deberá estar dotado de un dispositivo que señale automáticamente su posición, con el fin de garantizar que las juntas queden centradas en ellos con una tolerancia máxima de cincuenta milímetros (50 mm) respecto de la posición real.

Detrás del equipo de inserción de los pasadores, o si el concreto se extiende en una única capa, la pavimentadora deberá ir provista de un fratás mecánico transversal oscilante, capaz de corregir todo tipo de irregularidades; así mismo, se arrastrará una arpillera mojada que borre las huellas producidas por el fratás. La arpillera consistirá de una tela de fique o yute con una masa mínima de trescientos gramos por metro cuadrado (300 g/m²), que cubra toda la superficie de terminación con una longitud de asiento

mínima al arrastrar, de un metro y medio (1,5 m). Además de mantenerse húmeda, la arpillera se deberá cambiar o lavar periódicamente.

500.3.3.3 Equipos para la extensión manual del concreto

En áreas localizadas de pequeñas dimensiones, inaccesibles al equipo convencional, el Interventor podrá autorizar la extensión y la consolidación del concreto por medios manuales. En este caso, para distribuir el concreto se emplearán palas y para enrasarlo se usará una regla vibratoria ligera.

500.3.4 Herramientas y elementos para el acabado

500.3.4.1 Flotador o enrasador

Esta herramienta manual de acabado superficial tendrá una superficie metálica, lisa y rígida, provista de un mango largo articulado que, al ser rotado, acciona un mecanismo de elevación que le permite el deslizamiento planeando sobre la superficie del concreto. Su longitud deberá ser del orden de tres metros (3 m) y su ancho de ciento cincuenta milímetros (150 mm); para áreas pequeñas, la longitud se puede reducir a un metro y medio (1.5 m) y su ancho a cien milímetros (100 mm). Deberá tener sus bordes ligeramente curvos y chaflanados, evitando que se hunda en el concreto fresco, dejando surcos. Su sección transversal deberá tener forma de canal.

500.3.4.2 Tela de fique o de yute

Será tejido de fibra vegetal de fique o de yute que se pasa en sentido longitudinal a la vía, luego de haber realizado el allanado. La tela no deberá tener costuras internas que dejen marcas en la superficie del pavimento.

500.3.4.3 Cepillo de texturizado

Esta herramienta constará de un cuerpo principal en forma de rastrillo o peine, que debe medir aproximadamente ochenta centímetros (0.80 m) de largo, con dientes metálicos flexibles y un mango. El peine metálico deberá ser utilizado

para dejar una textura estriada transversal en la superficie del concreto. La herramienta puede ser de manejo manual o puede ir montada sobre una máquina que sigue a la máquina pavimentadora, a una distancia determinada por la consistencia del concreto.

Los dientes del peine deberán tener un ancho de cerda de tres más o menos un milímetro ($3 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$) y las separaciones entre dientes deberán ser las adecuadas, de manera de minimizar el ruido producido por el tránsito automotor al circular sobre el concreto endurecido, recomendándose valores promedio al azar, de trece milímetros (13 mm) o veintiséis milímetros (26 mm). La huella que deja el peine en el concreto fresco deberá tener entre tres y seis milímetros (3 mm - 6 mm) de profundidad.

Los dientes deberán estar colocados aproximadamente a cuarenta y cinco grados (45°), evitando así que ellos saquen los agregados a la superficie.

500.3.5 Equipos para el curado del concreto

En el caso de membranas de curado, su aplicación se deberá realizar por medio de equipos pulverizadores mecánicos que aseguren un reparto uniforme y continuo del producto en todo lo ancho de la losa y en sus costados descubiertos. Estos equipos deberán estar provistos de dispositivos que proporcionen una adecuada protección del producto pulverizado contra el viento, así como de otro dispositivo dentro del tanque de almacenamiento del producto, cuya función es mantenerlo en agitación durante su aplicación.

En áreas reducidas o inaccesibles a dispositivos mecánicos, el Interventor podrá autorizar el empleo de aspersores manuales.

500.3.6 Elementos para la ejecución de juntas

500.3.6.1 Equipos de corte

Para el corte de las juntas en el concreto endurecido se deberán usar equipos con disco de diamante o de algún otro elemento abrasivo que permita obtener resultados equivalentes; la calidad de los equipos y discos, así como la

idoneidad del personal que los opera, deberá garantizar que la labor se desarrolle sin generar desportillamientos o agrietamientos en las zonas de corte. La potencia de cada equipo deberá ser, cuando menos, de dieciocho caballos (18 CV).

Se requerirán discos de diferentes diámetros y anchos para realizar los cortes iniciales y el ensanche de los mismos. Los equipos podrán ser de discos sencillos o múltiples. Los equipos de corte disponibles deberán permitir cortar las juntas requeridas para un (1) día de trabajo (incluida la junta longitudinal) en menos de ocho (8) horas. Además, el Constructor deberá contar con máquinas de reemplazo en caso de daño.

500.3.6.2 Elementos para la ejecución de la juntas en fresco

Para la ejecución de las juntas en fresco, se empleará un equipo con cuchillas vibrantes o se podrán emplear dispositivos para la inserción de tiras continuas de plástico, con un espesor mínimo de treinta y cinco centésimas de milímetro (0.35 mm).

500.3.7 Equipos de lavado, secado y sellado de juntas

El equipo necesario para la ejecución de este trabajo deberá ser el recomendado por el fabricante del sello y deberá contar con la aprobación del Interventor, antes del inicio de las labores correspondientes.

500.3.8 Bombas de agua de bajo consumo y alta presión

El Constructor deberá garantizar la adecuada limpieza de la cavidad de corte de las juntas. Para ello, deberá proponer, para evaluación y eventual aprobación del Interventor, los equipos apropiados, dentro de las restricciones ambientales que puedan existir. Para el correcto lavado de las juntas se podrán utilizar bombas de agua de bajo consumo y de alta presión. La presión será, como mínimo, de 10 MPa.

500.3.9 Compresores de aire

El Constructor deberá garantizar el adecuado secado de la cavidad de corte. Para ello, deberá proponer, para evaluación y eventual aprobación del Interventor, los equipos más apropiados, dentro de las restricciones ambientales que puedan existir. Para el correcto secado de las juntas se podrán utilizar compresores de aire, de 1 MPa y caudal de setenta litros por segundo (70 l/s).

500.3.10 Equipos para la inserción del sello

Para la colocación del sello se podrán utilizar pistolas de calafateo o bombas para canecas con el producto sellante. En todo caso, los equipos deberán ser los recomendados por los fabricantes del material de sello.

500.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

500.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Al respecto, resulta aplicable lo descrito en el numeral 630.4.1 del Artículo 630.

500.4.2 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el Constructor suministrará al Interventor, para su verificación, muestras representativas de los agregados, cemento, agua y eventuales aditivos por utilizar, avaladas por los resultados de ensayos de laboratorio que garanticen la conveniencia de emplearlos en el diseño de la mezcla.

Una vez el Interventor efectúe las comprobaciones que considere necesarias y dé su aprobación a los materiales cuando resulten satisfactorios, de acuerdo con lo que establece la presente especificación, el Constructor diseñará la mezcla mediante algún método reconocido y definirá una fórmula de trabajo, la cual someterá a aprobación del Interventor. Dicha fórmula señalará:

- El tipo y la marca de cemento;
- Las proporciones en que se deben mezclar los agregados disponibles y la gradación media a que da lugar dicha mezcla, por los tamices

correspondientes a la granulometría aceptada, así como la franja de tolerancia dentro de la cual es válida la fórmula propuesta;

- Módulo de finura del agregado fino;
- Las dosificaciones de cemento, agua libre y eventuales aditivos, por metro cúbico (m³) de concreto fresco;
- La consistencia del concreto;
- El contenido de aire (si se ha especificado).

En la Tabla 500 - 6 se presentan los requisitos mínimos que deben cumplir las mezclas de concreto para pavimentos de concreto hidráulico.

Tabla 500 - 6. Criterios de diseño para la mezcla de concreto en pavimentos de concreto hidráulico

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Resistencia a la flexotracción a veintiocho (28) días, mínimo (MPa): - Tránsito NT1 - Tránsito NT2 - Tránsito NT3 <i>(Nota 1)</i>	E-414	3.8 4.0 4.2
Contenido de cemento en masa por m ³ de concreto, mínimo (kg) - Concreto de fraguado normal - Concreto de fraguado rápido (técnica fast-track)	-	300 350
Relación agua / material cementante, máximo - Concreto de fraguado normal - Concreto de fraguado rápido (técnica fast-track)	-	0.48 0.45
Asentamiento (mm): - Formaleta fija - Formaleta deslizante	E-404	25 a 50 13 a 38

Nota 1: si el proyecto especifica el uso de concretos de fraguado rápido, los documentos técnicos deberán definir la edad a la cual se deberá alcanzar la resistencia de diseño.

Para cada dosificación ensayada, se controlarán la consistencia (INV E-404), las resistencias a flexotracción (INV E-414) a siete (7) y veintiocho (28) días y, cuando se exija, el contenido de aire incluido (INV E-406).

Los ensayos de resistencia se llevarán a cabo sobre probetas procedentes de cuatro (4) amasadas diferentes de concreto, elaborando series de cuatro (4) probetas por amasada.

De cada serie se ensayarán dos (2) probetas a siete (7) días y dos (2) a veintiocho (28) días, obteniéndose los valores promedio de cada grupo de resultados. Se considerará como fórmula de trabajo la mezcla cuyo valor promedio obtenido a veintiocho (28) días supere la resistencia especificada de diseño con un margen suficiente para que sea razonable esperar que, con la dispersión que introduce la ejecución de la obra, la resistencia característica real de la mezcla también sobrepase la especificada. Al efecto, el Constructor deberá tener en cuenta que la magnitud en que el promedio de resistencia de la mezcla deba exceder la resistencia especificada de diseño dependerá de la desviación estándar de la resistencia durante la etapa de producción y de la precisión con la que dicho valor pueda ser estimado a partir de datos históricos sobre mezclas iguales o similares.

Será obligatoria la realización de ensayos de módulo de elasticidad estáticos a los veintiocho (28) días, para la mezcla diseñada, según la norma de ensayo INV E-424. Este módulo podrá ser medido sobre cilindros fabricados para ensayar a tracción indirecta (norma de ensayo INV E-411). Los documentos del proyecto podrán establecer requisitos mínimos para el módulo de elasticidad del concreto, caso en el cual la mezcla deberá ser diseñada para cumplir también con dicho requisito.

El Constructor deberá remitir al Interventor el diseño completo de la mezcla, mostrando las proporciones y los resultados de resistencia a flexotracción del concreto a siete (7) y veintiocho (28) días, así como el módulo de elasticidad, determinado según la norma de ensayo INV E-424, y la densidad del concreto endurecido, determinada según la norma de ensayo ASTM C 642. El diseño deberá incluir una copia de todos los formularios de ensayo, incluyendo las fechas de las pruebas, una lista completa de los materiales, indicando tipo, fuente y características especificadas, tipo y resultados de las pruebas físicas y químicas sobre el cemento, el agua y los eventuales aditivos. También, deberá incluir el módulo de finura de la arena y el contenido de aire incluido en la mezcla. El diseño no podrá tener una edad superior a noventa (90) días y la producción industrial de la mezcla no podrá comenzar hasta que el Interventor apruebe el informe de diseño por escrito.

Durante el estudio de la fórmula de trabajo, se podrá establecer una correlación entre la resistencia a la flexión (INV E-414) y la resistencia a la compresión inconfiada (norma INV E-410, para tránsitos NT-1), o a la tracción indirecta (INV E-411, para tránsitos NT2 y NT3). Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión inconfiada o a la tracción indirecta solo se podrá aceptar como herramienta de control si se ha establecido, a través de ensayos con los mismos ingredientes de la mezcla y para la misma edad, una correlación confiable entre ella y la resistencia a flexión ($r^2 \geq 0.90$).

Durante la etapa de producción se deberá reajustar la fórmula de trabajo cada vez que varíe alguno de los siguientes factores:

- El tipo, la clase o la categoría del cemento y/o su marca;
- El tipo, la absorción y el tamaño máximo del agregado grueso;
- El tipo de agregado fino o su módulo de finura en más de dos décimas (0.2);
- La naturaleza o la proporción de los aditivos;
- El método de puesta en obra;
- La procedencia del agua;
- Las tolerancias granulométricas indicadas en la Tabla 500 - 8.

500.4.3 Tramo de prueba

Aceptados por el Interventor la fórmula de trabajo y el informe con el diseño de la mezcla, se procederá a la realización de un tramo de prueba con el mismo equipo, velocidad de puesta en obra y espesor de pavimento que se vayan a utilizar en la obra. La construcción de este tramo de prueba, de mínimo cien metros (100 m) de longitud en dos (2) carriles, será obligatoria en proyectos diseñados para NT3. Su obligatoriedad para niveles de tránsito menores deberá ser establecida en los documentos contractuales del proyecto.

El tramo servirá para verificar las condiciones de elaboración de la mezcla y comprobar que la colocación es adecuada y que los medios de vibración disponibles son capaces de consolidar adecuadamente el concreto en todo el espesor del pavimento; que se cumplen las limitaciones sobre uniformidad y regularidad superficial establecidas por la presente

especificación; que el proceso de curado y protección del concreto fresco es adecuado y que las juntas se realizan correctamente.

En caso que los resultados del primer tramo no sean satisfactorios, éste se demolerá por cuenta del Constructor y se construirá otro u otros, introduciendo variaciones en los equipos, métodos de ejecución o, incluso, en la dosificación, hasta obtener un pavimento con las condiciones exigidas. Logrado esto, se podrá proceder a la construcción del pavimento contratado.

Del trabajo satisfactorio se extraerán cinco (5) núcleos cilíndricos de ciento cincuenta (150 mm) de diámetro para determinar la densidad y la resistencia a la tracción indirecta. Estos testigos se tomarán conforme lo indica la norma de ensayo INV E-418, a los veintiséis (26) días de la puesta en obra, en sitios distantes entre sí no menos de siete metros (7 m) en sentido longitudinal y a no menos de quinientos milímetros (500 mm) de cualquier junta o borde.

Los testigos se sumergirán en agua durante cuarenta y ocho (48) horas y se someterán en seguida a ensayos de resistencia (compresión o tracción indirecta) y densidad (norma de ensayo ASTM C 642). Los documentos del proyecto deberán indicar cuál de los ensayos de resistencia se deberá aplicar; si no lo mencionan, se aplicará el ensayo de resistencia a la compresión (norma de ensayo INV E-410) para tránsito NT1 y resistencia a la tracción indirecta (norma de ensayo INV E-411) para tránsitos NT2 y NT-3.

La extracción de los testigos servirá, también, para observar la homogeneidad del concreto colocado, como verificación de los procesos de colocación y vibrado. La eventual presencia de hormigueros hará obligatoria la demolición de las losas afectadas y el replanteamiento completo de los procesos de colocación y vibrado del concreto.

Todos los orificios resultantes de la extracción de testigos del tramo de prueba aprobado, para determinar la resistencia y la densidad, deberán ser rellenados, vibrados y curados por el Constructor, a la mayor brevedad posible y sin costo para el Instituto Nacional de Vías, con un concreto de igual o mayor resistencia que el extraído.

500.4.4 Preparación de la superficie existente

La mezcla no se extenderá hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la especificación de la unidad de obra correspondiente, se corregirán de acuerdo con lo establecido en ella, a plena satisfacción del Interventor.

Cuando la superficie existente presente deficiencias en las cotas en relación con las previstas en los planos o autorizadas por el Interventor, la deficiencia se deberá completar con material de pavimento de concreto hidráulico. El volumen de concreto colocado para suplir dicha deficiencia no será objeto de pago, si la capa de apoyo fue construida en desarrollo del mismo contrato.

Inmediatamente antes de verter el concreto, se humedecerá la superficie de apoyo del pavimento, sin que se alcance la saturación, para prevenir pérdidas rápidas en la humedad de la mezcla o, si el proyecto lo contempla, la superficie se cubrirá con papel especial o con material plástico, con traslajos no inferiores a ciento cincuenta milímetros (150 mm) y plegándose lateralmente contra las formaleas, cuando éstas se utilicen. El traslajo se hará teniendo en cuenta las pendientes longitudinal y transversal, para asegurar la impermeabilidad.

En todos los casos, se prohibirá circular sobre la superficie preparada, salvo las personas y equipos indispensables para la ejecución del pavimento.

Los requisitos indicados en este numeral rigen, también, para el tramo de prueba al cual hace referencia el numeral precedente.

500.4.5 Elaboración de la mezcla**500.4.5.1 Manejo y almacenamiento de los agregados pétreos**

Los agregados se producirán o suministrarán en fracciones granulométricas diferenciadas, que se acopiarán y manejarán por separado hasta su introducción en las tolvas de agregados. Cada fracción será suficientemente homogénea y se deberá poder acopiar y manejar sin peligro de segregación, observando las precauciones que se detallan a continuación.

Cada fracción del agregado se deberá acopiar separada de las demás, para evitar que se produzcan contaminaciones entre ellas. Si los acopios se fueran a disponer sobre el terreno natural, se drenará la plataforma y no se utilizarán los quince centímetros (15 cm) inferiores de los mismos, a no ser que la zona de acopio esté pavimentada. Los acopios se construirán por capas de espesor no inferior a un metro y medio (1,5 m), y no por montones cónicos. Las cargas del material se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

Cuando se detecten anomalías en el suministro de los agregados, ellos se acopiarán por separado hasta confirmar su aceptación; esta misma medida se aplicará cuando se autorice el cambio de procedencia de un agregado. No se emplearán métodos de transporte, desde los acopios hasta las tolvas de la central, que pudieran causar segregación, degradación o mezcla de fracciones de distintos tamaños.

La cantidad de los agregados almacenados al iniciar las obras, debe ser suficiente para quince (15) días de trabajo o para toda la obra, si el plazo para la colocación del concreto en obra es menor.

500.4.5.2 Suministro y almacenamiento del cemento

Al respecto se aplica lo prescrito en el numeral 630.4.5.2 del Artículo 630.

500.4.5.3 Almacenamiento de aditivos

En relación con el almacenamiento de aditivos, rige lo indicado en el numeral 630.4.5.3 del Artículo 630.

500.4.5.4 Mezcla de los componentes

La mezcla se realizará en una planta central, conforme se describe en el numeral 630.3.2 del Artículo 630.

El amasado se realizará mediante dispositivos capaces de asegurar la completa homogeneización de todos los componentes. La cantidad de agua añadida a la mezcla será

la necesaria para alcanzar la relación agua/cemento fijada por la fórmula de trabajo; para ello, se deberá tener en cuenta el agua aportada por la humedad de los agregados, especialmente el fino.

Los aditivos en forma líquida o en pasta se añadirán al agua de amasado, mientras que los aditivos en polvo se deberán introducir en el mezclador junto con el cemento o los agregados.

A la descarga del mezclador, todo el agregado deberá estar uniformemente distribuido en el concreto fresco, y todas sus partículas total y homogéneamente cubiertas de pasta de cemento. Los tiempos de mezcla y amasado, necesarios para lograr una mezcla homogénea y uniforme, sin segregación, así como la temperatura máxima del hormigón al salir del mezclador, serán fijados durante la realización del tramo de prueba especificado en el numeral 500.4.3. Si se utilizase hielo para enfriar el concreto, la descarga del concreto no comenzará hasta que el hielo se hubiera derretido en su totalidad, y se tendrá en cuenta para la relación agua/material cementante (a/c).

Antes de volver a cargar el mezclador, se vaciará totalmente su contenido. Si hubiera estado detenido por más de treinta (30) minutos, se limpiará perfectamente antes de volver a verter materiales dentro de él. De la misma manera se procederá antes de comenzar la fabricación de concreto con un nuevo tipo de cemento.

500.4.6 Transporte del concreto al sitio de las obras

El transporte del concreto entre la planta de fabricación y la obra se efectuará de la manera más rápida posible, empleando alguno de los medios descritos en el numeral 500.3.2. El concreto se podrá transportar a cualquier distancia, siempre y cuando no pierda sus características de trabajabilidad y se encuentre todavía en estado plástico en el momento de la descarga.

En el caso de construcción en tiempo caluroso, se cuidará de que no se produzca desecación de la mezcla durante el transporte. Si a juicio del

Interventor existe tal riesgo, se deberán utilizar retardadores de fraguado o adiciones de agua.

500.4.7 Colocación de formaletas

Cuando la obra se ejecute entre formaletas fijas, éstas podrán constituir por sí mismas el camino de rodadura de las máquinas de construcción del pavimento o podrán tener un carril para atender esa función. En cualquier caso, deberán presentar las características de rigidez, altura y fijación señaladas en el numeral 500.3.3.1.1.

Las caras interiores de las formaletas aparecerán siempre limpias, sin restos de concreto u otras sustancias adheridas a ellas. Antes de verter el concreto, dichas caras se deberán recubrir con un producto antiadherente, cuya composición y dosificación deberán contar con la aprobación del Interventor.

Se deberá controlar que la altura libre de las formaletas corresponda, efectivamente, al espesor de diseño de las losas.

El alineamiento de las formaletas, tanto en planta como en perfil, deberá ser correcto. No se podrán observar diferencias en la altura ni desviaciones en planta superiores a diez milímetros (10 mm) en relación con el alineamiento teórico. Además, en ningún punto se deberá observar una flecha superior a tres milímetros (3 mm) bajo una regla de tres metros (3 m) puesta sobre el riel de las formaletas. Toda desviación en exceso se deberá corregir inmediatamente.

Antes de colocar el concreto, deberá estar disponible una longitud mínima colocada y alineada de formaletas, conforme a lo indicado en el numeral 500.3.3.1.1.

Cuando la máquina utilice como formaleta un bordillo o una franja de pavimento rígido construido previamente, dicho elemento deberá tener una edad de, cuando menos, tres (3) días.

500.4.8 Colocación de elementos de guía y acondicionamiento de los caminos de rodadura para pavimentadoras de formaletas deslizantes

El espaciamiento de los piquetes que sostienen el hilo guía no será mayor de diez metros (10 m), distancia que se reducirá a cinco metros (5 m) en curvas horizontales de radio menor de quinientos metros (500 m) y en

curvas verticales; los apoyos de hilo en los piquetes tendrán la cota teórica y el hilo se deberá tensar, de manera que la flecha entre dos piquetes consecutivos sea menor de un milímetro (1 mm).

Donde se vacíe una franja de pavimento junto a otra existente, se podrá usar ésta como guía de las máquinas. En este caso, deberá haber alcanzado una edad mínima de tres (3) días y la superficie se deberá proteger de la acción de las orugas interponiendo bandas de goma, chapas metálicas u otros materiales adecuados, a una distancia conveniente del borde. Si se observan daños estructurales o superficiales en los caminos de rodadura, se suspenderá el vaciado, reanudándolo solamente cuando la franja vecina hubiera adquirido la resistencia necesaria o cuando se adopten las precauciones suficientes para que no se vuelvan a producir daños.

Los caminos de rodadura de las orugas se deberán mantener limpios y, cuando correspondan a la capa de soporte del pavimento, deberán estar suficientemente compactados para permitir el paso de ellas sin deformaciones. En este último caso, no deberán presentar irregularidades superiores a quince milímetros (15 mm), medidas con una regla de tres metros (3 m).

500.4.9 Colocación de los elementos de las juntas

Los elementos de las juntas del pavimento de concreto hidráulico se deberán colocar de acuerdo con los planos y demás documentos del proyecto.

500.4.9.1 Colocación de los pasadores

Los pasadores se colocarán paralelos entre sí y al eje de la calzada, en la ubicación que se tenga prevista para la junta transversal, de acuerdo con lo que establezcan los planos del proyecto. Se deberá dejar una referencia precisa que defina dicha posición a la hora de completar la junta.

La máxima desviación permisible, tanto en planta como en elevación, de la posición del eje de un pasador respecto a la teórica será de veinte milímetros (20 mm). La máxima desviación angular respecto a la dirección teórica del eje de cada pasador, medida por la posición de sus extremos, será de diez milímetros (10 mm) si se insertan por vibración o de

cinco milímetros (5 mm), medidos antes del vaciado del concreto, si se colocan previamente al mismo.

Inmediatamente antes de su instalación, los pasadores deben ser recubiertos al menos en una de sus mitades con material lubricante, previamente aprobado por el Interventor, para que se impida efectivamente la adherencia del acero con el concreto; el recubrimiento deberá ser colocado de manera que se forme una película de lubricación delgada y uniforme, sin que se presenten acumulaciones.

Salvo que los pasadores se introduzcan por vibración en el pavimento mediante máquinas adecuadas para ello, se deberán disponer, con anterioridad al vertido del concreto, sobre canastas de varillas metálicas suficientemente sólidas y con uniones soldadas que se fijarán a la base de un modo firme. La rigidez de la canasta en su posición definitiva será tal, que al aplicar a un extremo de cualquier pasador una fuerza de ciento veinte newton (120 N) en dirección horizontal o vertical, el desplazamiento del extremo del pasador no sea superior al cinco por mil (0.5 %) de su longitud.

500.4.9.2 Colocación de las barras de amarre

Cuando el proyecto contemple la colocación de barras de amarre, éstas se deberán instalar en forma perpendicular a la junta longitudinal, con la separación mostrada en los planos. Deberán quedar aproximadamente a mitad del espesor de la losa y en forma paralela a la superficie del pavimento, con una mitad a cada lado de la junta.

Cuando la pavimentación se realice entre formaletas fijas, las varillas se insertarán manualmente dentro de las formaletas, de manera que una mitad de ellas penetre dentro de la franja de concreto recién colocada.

Si la obra se realiza con pavimentadora de formaleta deslizante, las varillas se introducirán manualmente en la mitad del espesor del pavimento fresco, a las separaciones previstas en los planos del proyecto.

Si las barras de amarre se colocan en un pavimento endurecido, se efectuarán barrenos horizontales a la mitad del espesor de las losas y con una profundidad igual a la mitad de la longitud de las varillas, las cuales se insertarán manualmente y se anclarán con la resina epóxica mencionada en el numeral 500.2.6.

500.4.10 Colocación de armaduras

En los pavimentos de tipo armado con juntas, las armaduras, que se encontrarán libres de suciedad, óxido no adherente, aceite, grasa y otras materias que puedan afectar la adherencia del acero con el concreto, se colocarán en los sitios y con la forma establecidos en los planos, sujetándolas, de ser preciso, para impedir todo movimiento durante la colocación del concreto. Si se disponen sobre soportes, éstos deberán aguantar una fuerza puntual de dos y medio kilonewton (2.5 kN) sin deformación visible.

Si la unión de las varillas no se hace mediante soldadura a tope, las varillas longitudinales se traslaparán en dos (2) mallas y las transversales en una (1). Al lado de cada junta, las armaduras se interrumpirán a cien milímetros (100 mm) de ella.

Es indispensable que la armadura se coloque paralela a la superficie del pavimento, por lo que las secciones de malla se deberán suministrar en témpanos y no en rollos.

Las varillas transversales irán debajo de las longitudinales y el recubrimiento de éstas, cuando se trate de la armadura superior, se deberá encontrar entre sesenta y ochenta milímetros (60 mm - 80 mm).

500.4.11 Colocación del concreto

Antes de vaciar el concreto, la superficie de apoyo se deberá encontrar preparada, de acuerdo con lo descrito en el numeral 500.4.4.

La máxima caída libre de la mezcla desde el vehículo de transporte en el momento de la descarga, será de un metro y medio (1.5 m), procurándose que ello ocurra lo más cerca posible del lugar definitivo de colocación, para reducir al mínimo las posteriores manipulaciones. El concreto se deberá colocar, vibrar y acabar antes de que transcurra una (1) hora desde el momento de su mezclado. Sin embargo, el Interventor podrá

autorizar un aumento de este plazo, si ocurren condiciones favorables de humedad y temperatura, si se emplean camiones mezcladores o camiones provistos de agitadores o si se adoptan precauciones para retardar el fraguado del concreto.

Cuando la puesta en obra se realice entre formaletas fijas, el concreto se distribuirá uniformemente y, una vez extendido, se compactará por vibración y se enrasará con elementos adecuados, de modo de tener una superficie uniforme, lisa y libre de irregularidades, marcas y porosidades. Para este fin se emplearán reglas o rodillos vibratorios y, adicionalmente, vibradores de aguja, teniendo especial cuidado en la consolidación de los bordes de la losa.

Los elementos vibratorios de las máquinas no se apoyarán sobre las formaletas ni sobre pavimentos terminados y en las pavimentadoras de formaletas deslizantes deberán dejar de funcionar en el instante en que ellas se detengan.

En los pavimentos de tipo armado, el vaciado del concreto se hará en dos (2) capas, vertiendo la segunda capa encima de la armadura, lo más rápido que resulte posible, antes de que comience el fraguado de la primera. El plazo para la puesta en obra de ambas capas no podrá exceder de una (1) hora, salvo que el Interventor considere que se presentan condiciones favorables de temperatura y humedad, caso en el cual podrá prolongar el plazo, hasta un máximo de dos (2) horas.

Cuando la puesta en obra del concreto se realice con pavimentadoras de formaletas deslizantes, la descarga y la extensión previa del concreto en todo el ancho de pavimentación se realizarán de modo suficientemente uniforme para no desequilibrar el avance de la pavimentadora. Esta precaución se deberá extremar al pavimentar en pendientes.

Se cuidará que delante de la maestra enrasadora se mantenga, en todo momento, y en toda la anchura de pavimentación, un volumen suficiente de concreto fresco en forma de cordón, de unos diez centímetros (10 cm) de altura como máximo; delante de los fratasés de acabado se mantendrá un cordón continuo de mortero fresco, de la menor altura posible.

Cuando el concreto se coloque contra un pavimento existente, la parte del equipo de colocación que repose sobre éste deberá estar equipada con cojines de protección en sus orugas o con llantas de caucho, que

circulen a suficiente distancia del borde del pavimento, para evitar la rotura o el agrietamiento de éste.

Donde la calzada tuviera dos (2) o más carriles en el mismo sentido de circulación, se vaciarán al menos dos (2) carriles al mismo tiempo, salvo indicación expresa en contrario del Interventor.

Se dispondrán pasarelas móviles, con el fin de facilitar la circulación del personal y evitar daños al concreto fresco. Los tajos de vaciado deberán tener todos sus accesos bien señalizados y acondicionados para proteger el pavimento recién construido.

En los casos en que el Interventor autorice la extensión y la compactación del concreto por medios manuales, se mantendrá siempre un volumen suficiente de mezcla delante de la regla vibratoria y se continuará compactando hasta que se haya conseguido la forma prevista y el mortero refluya ligeramente a la superficie.

En el caso de suspender la colocación del concreto por más de media (1/2) hora, se protegerá el frente del pavimento con telas de fique húmedas. Si el lapso de interrupción supera el plazo máximo admitido entre la mezcla y la terminación de la puesta en obra, se dispondrá una junta transversal de construcción, de acuerdo con lo que se indica en el numeral 500.4.13.

En vías de dos carriles, el concreto se colocará por carriles de ancho constante, separados por juntas longitudinales de construcción. En los casos en que se haya de colocar un ancho inferior al de un carril, se compactará y enrasará mecánicamente, con la ayuda de los métodos manuales mínimos que resulten necesarios.

El Constructor deberá ajustar los métodos y equipos de colocación y compactación siempre que se observen segregación o vacíos en el concreto colocado y compactado.

Si el Interventor considera que la compactación es deficiente, se requerirá la ejecución de ensayos de verificación de densidad. Estos ensayos de verificación consistirán en la toma de núcleos del concreto terminado después de, al menos, cuarenta y ocho (48) horas de curado. La densidad se determinará en la condición saturada y seca superficialmente, según la norma de ensayo ASTM C 642. Los ensayos se tomarán por lo menos uno (1) cada trescientos cincuenta metros cúbicos (350 m³) de concreto.

La densidad promedio de los núcleos no podrá ser menor de noventa y siete por ciento (97 %) y ningún núcleo tendrá una densidad menor de noventa y seis por ciento (96 %), con respecto a la densidad del concreto elaborado al definir la fórmula de trabajo. Si estas condiciones no se cumplen, se considerará que la vibración es inadecuada y se deberá mejorar, de manera que los requisitos anteriormente establecidos se logren en las posteriores verificaciones.

500.4.12 Identificación de las losas

Todas las losas deberán recibir una identificación, la cual se imprimirá en un sitio previsto para una de sus esquinas.

500.4.13 Ejecución de juntas en fresco

En las juntas longitudinales resultantes de colocar una franja de concreto contra otra ya construida, se aplicará al canto de ésta un producto que evite la adhesión del concreto nuevo con el antiguo.

Se tendrá especial cuidado de que el concreto nuevo que se coloque a lo largo de la junta sea homogéneo y quede perfectamente compactado, especialmente cuando la junta sea del tipo machihembrado. Si se observan desperfectos en el borde construido, ellos se deberán corregir antes de aplicar el producto antiadherente.

Las juntas transversales de construcción que se ejecuten en fresco irán siempre provistas de pasadores y se dispondrán al fin de la jornada de trabajo o cuando se presente una interrupción que haga temer el comienzo del fraguado, tal como se indicó en el numeral 500.4.11. Siempre que sea posible, se harán coincidir estas juntas con una junta transversal de contracción o una de dilatación y, de no ser así, se dispondrán a más de un metro y medio (1.5 m) de distancia de la junta más próxima.

500.4.14 Acabado superficial

Después de extendido y compactado, el concreto será sometido a un proceso de acabado superficial para lograr una superficie plana y ajustada a las cotas del proyecto, dentro de las tolerancias permitidas.

El acabado de pavimentos construidos entre formaleas fijas se podrá realizar por medio de herramientas manuales, como un flotador o un

enrasador. También, se podrán utilizar equipos de terminado que se deslicen sobre las formaletas fijas. La disposición y el movimiento del elemento enrasador serán los adecuados para eliminar las irregularidades superficiales y obtener el perfil, sin superar las tolerancias establecidas.

El acabado de los pavimentos contruidos con pavimentadoras de formaletas deslizantes deberá ser efectuado por la misma máquina pavimentadora, la cual deberá disponer de los elementos necesarios para ello.

Una vez terminada esta operación y mientras el concreto se encuentre en estado plástico, se comprobará el acabado superficial con una regla de tres metros colocada paralela o perpendicularmente al eje de la calzada en cualquier sector de ella que no esté afectado por cambios de pendiente, verificando que las irregularidades no excedan de cinco milímetros (5 mm). En el caso de que se presenten diferencias mayores, ellas se deberán eliminar, ya sea agregando concreto fresco que se vibrará y terminará del mismo modo que el resto del pavimento, o bien eliminando los excesos con los bordes de la llana. Se prohibirá el riego de agua o la extensión de mortero sobre la superficie, para facilitar el acabado y corregir irregularidades del pavimento.

Terminadas las operaciones de acabado recién descritas y mientras el concreto aún esté fresco, se redondearán cuidadosamente los bordes de las losas con una llana especial de doce milímetros (12 mm) de radio. Las juntas transversales de construcción y las de dilatación se redondearán del mismo modo, pero con una llana de seis milímetros (6 mm) de radio.

500.4.15 Texturizado superficial

Además del uso de la tela especificada en el numeral 500.3.4.2, una vez culminadas las operaciones de acabado superficial y antes de que comience a fraguar el concreto, se le dará al pavimento una textura transversal homogénea, en forma de estriado, mediante la aplicación manual o mecánica del peine de dientes metálicos citado en el numeral 500.3.4.3, en forma sensiblemente perpendicular al eje de la calzada, y de tal forma que las estrías tengan la profundidad adecuada.

En proyectos para niveles de tránsito tres (NT3), se podrá autorizar la sustitución del texturizado mediante estriado por una denudación química de la superficie del concreto fresco, obtenida mediante la aplicación de un retardador de fraguado y la posterior eliminación, por

barrido con agua, del mortero no fraguado. También se podrá prever la incrustación de gravilla en la superficie del concreto fresco combinada con la denudación. En este caso, la gravilla deberá cumplir lo especificado en el numeral 500.2.1.4 y, salvo justificación en contrario, su dosificación será de cinco kilogramos por metro cuadrado (5 kg/m²).

La aplicación del retardador de fraguado tendrá lugar antes de transcurridos quince (15) minutos desde la puesta en obra, extendiendo a continuación una membrana impermeable, que se mantendrá hasta la eliminación del mortero. Esta operación se realizará antes de transcurridas veinticuatro (24) horas, salvo que un fraguado insuficiente del concreto requiera alargar este período.

500.4.16 Protección del concreto fresco

Durante el tiempo de fraguado, el concreto deberá ser protegido contra el lavado por lluvia, contra la insolación directa, el viento y la humedad ambiente baja. El Constructor tendrá la responsabilidad de medir las temperaturas del concreto y del aire, la humedad relativa y la velocidad del viento en el sitio de extensión del concreto. Cuando la combinación de estos factores indique que la velocidad de evaporación excede de 0.50 kg/m² por hora, deberá tomar precauciones para limitar las pérdidas de humedad o, de lo contrario, deberá suspender las operaciones de pavimentación mientras la rata de evaporación exceda el valor citado.

En épocas lluviosas, el Interventor podrá exigir al Constructor la colocación de un toldo sobre las máquinas de puesta en obra o un tren de tejadillos bajos, de color claro, cerrados y móviles, que cubran una longitud de construcción igual, al menos, a cincuenta metros (50 m). Alternativamente, podrá autorizar la colocación de materiales impermeables sobre el concreto fresco, hasta que adquiera la resistencia suficiente para que el acabado superficial no sea afectado por la lluvia. Si el Constructor no atiende esta sugerencia y las losas sufren deslavado por tal efecto, deberá someter la superficie a ranurado transversal mecánico, a sus expensas, y a plena satisfacción del Interventor.

Durante un período que, en general no será inferior a tres (3) días a partir de la colocación del concreto, estará prohibido cualquier tipo de tránsito sobre él, excepto el necesario para el aserrado de las juntas cuando se empleen sierras mecánicas. Este período podrá ser reducido por el

Interventor, cuando en la construcción del pavimento se aplique la técnica conocida como fast-track (concreto de fraguado rápido).

500.4.17 Curado del concreto

La selección del tipo de curado, así como el momento adecuado para su aplicación, dependerán de las características específicas del proyecto, tales como las condiciones ambientales y el tipo de mezcla. Es responsabilidad del Constructor proponer, para aprobación del Interventor, el sistema de curado, así como implementar los cambios, tanto en los sistemas como en los equipos de curado, en caso de que los resultados dejen de ser satisfactorios en algún momento.

En el caso de los concretos de fraguado rápido, normalmente se requiere un sistema de curado doble: primero la aplicación de productos químicos que forman una película impermeable y, sobre ésta, la instalación de membranas de polietileno o de papel.

El curado se deberá hacer inmediatamente después del acabado final, cuando el concreto empiece a perder su brillo superficial.

El curado del concreto se deberá realizar en todas las superficies libres, incluyendo los bordes de las losas, por un período no inferior a siete (7) días y, de ser posible, se deberá prolongar hasta diez (10) días. Sin embargo, el Interventor podrá modificar dicho plazo, a la vista de los resultados obtenidos sobre muestras del concreto empleado en la construcción del pavimento.

500.4.17.1 Curado con productos químicos que forman película impermeable

Cuando el curado se realice con productos de este tipo, ellos se deberán aplicar inmediatamente hayan concluido las labores de colocación y de acabado del concreto y el agua libre de la superficie haya desaparecido completamente. Sin embargo, bajo condiciones ambientales adversas de baja humedad relativa, altas temperaturas, fuertes vientos o lluvias, el producto se deberá aplicar antes de que se cumpla dicho plazo.

El producto de curado que se emplee deberá cumplir las especificaciones dadas por el fabricante y la dosificación de

estos productos se hará siguiendo las instrucciones del mismo. Su aplicación se llevará a cabo con un equipo que asegure su aspersión como un rocío fino, de forma continua y uniforme, en la cantidad autorizada por el Interventor, la cual no podrá ser inferior a doscientos cincuenta gramos por metro cuadrado (250 g/m²). El equipo aspersor deberá estar en capacidad de mantener el producto en suspensión y tendrá un dispositivo que permita controlar la cantidad aplicada de la membrana.

Cuando las juntas se realicen por aserrado, se aplicará el producto de curado sobre las paredes de ellas. También, se aplicará sobre áreas en las que, por cualquier circunstancia, la película se haya estropeado durante el período de curado.

Cuando el concreto se haya colocado entre formaleas fijas, al retiro de éstas se deberán proteger los lados expuestos de las losas con un tratamiento igual al aplicado sobre la superficie.

No se permitirá la utilización de productos que formen películas cuyo color sea negro.

500.4.17.2 Curado por humedad

Cuando se opte por este sistema de curado, el cual no será aceptable en proyectos de nivel de tránsito tres (NT3), la superficie del pavimento se cubrirá con telas de fique o algodón, arena u otros productos de alto poder de retención de humedad, una vez que el concreto haya alcanzado la suficiente resistencia para que el acabado superficial del pavimento no se vea perjudicado por la colocación de estos elementos.

Dichos materiales no podrán estar impregnados ni contaminados por sustancias perjudiciales al concreto o que puedan ensuciar o decolorar la superficie del pavimento.

Mientras llega el momento de colocar el producto protector, la superficie del pavimento se mantendrá húmeda, aplicando agua en forma de rocío fino y nunca en forma de chorro. Los materiales utilizados en el curado se mantendrán saturados todo el tiempo que dure éste.

500.4.17.3 Curado mediante membranas de polietileno o de papel

Cuando se adopte este método de curado, las membranas, que deberán cumplir con los requisitos mencionados en el numeral 500.2.3.3, se colocarán cuando la superficie de concreto tenga la suficiente resistencia para que el pavimento no se vea afectado en su acabado. Durante el intervalo transcurrido mientras esto sucede, se aplicará agua en forma de rocío para mantener la superficie húmeda.

Se deberá asegurar la permanencia de las membranas durante todo el período previsto de curado, traslapando las fajas al menos doscientos milímetros (200 mm) y asegurando con pesos los bordes y los traslapes, para impedir el levantamiento de las membranas por acción del viento.

No se permitirá la utilización de membranas de color negro.

500.4.18 Remoción de formaletas

Cuando el pavimento se construya entre formaletas fijas, el desformaleteado se efectuará luego de transcurridas dieciséis (16) horas a partir de la colocación del concreto. En cualquier caso, el Interventor podrá aumentar o reducir el tiempo, en función de la consistencia alcanzada por el concreto.

500.4.19 Aserrado de juntas

Antes de proceder al aserrado, se deberán trazar sobre el pavimento, de acuerdo con el diseño y la localización de los pasadores y las barras de amarre, los ejes topográficos para los cortes de las juntas, los cuales deberán ser continuos.

El corte de las juntas deberá comenzar por las transversales de contracción e inmediatamente después continuar con las longitudinales, salvo en el caso que se cita más adelante. Este corte se deberá iniciar cuando el concreto presente las condiciones de endurecimiento propicias para su ejecución (no se presenten desportillamientos) y antes que se produzcan agrietamientos no controlados.

El momento propicio para efectuar la actividad de corte será definido en el tramo de prueba y deberá ser tal, que no genere la aparición de fisuras

por tiempos tardíos o que se presente pérdida de agregados en la junta o daños en los bordes de la losa o de la junta. Sin embargo, una vez comenzado el corte, éste se deberá continuar hasta finalizar todas las juntas. El inicio de los trabajos de corte se deberá definir mediante estudios previos, en los cuales se establezca el momento óptimo de corte, de acuerdo con las condiciones ambientales.

En caso de urgencia, por ejemplo cuando se presenta un daño grave en una máquina o cuando se presenta un cambio rápido de humedad, se podrá cortar una de cada tres (3) juntas transversales y luego, lo más pronto posible, se cortarán las juntas faltantes (nunca después de veinticuatro (24) horas de colocado el concreto).

Se realizará un corte inicial con un ancho de tres milímetros (3 mm) y a una profundidad de un tercio ($1/3$) del espesor de la losa de concreto, con el fin de inducir la falla controlada.

Posteriormente, se efectuará un ensanchamiento del corte para poder alojar el material de sello, de acuerdo con los planos del proyecto. El segundo corte se deberá realizar antes de cuarenta y ocho (48) horas de la colocación del sello.

Las juntas longitudinales se podrán aserrar en cualquier momento, después de transcurridas veinticuatro (24) horas, y antes de las setenta y dos (72) horas desde la terminación del pavimento, siempre que se asegure que no habrá circulación alguna, ni siquiera la de obra, hasta que se haya hecho esta operación. No obstante, cuando se espere un descenso de la temperatura ambiente de más de quince grados Celsius (15°C) entre el día y la noche, las juntas longitudinales se aserrarán al mismo tiempo que las transversales.

Si a causa de un aserrado prematuro se astillan los bordes de las juntas, ellos se deberán reparar con un mortero de una resina epóxica apropiada, de las características indicadas en el numeral 500.2.6.

500.4.20 Preparación de las juntas para el sello

Inmediatamente después del corte final, los excesos de cemento, lechadas, material de curado o cualquier otro elemento, deberán ser completamente removidos de la junta mediante chorro de agua a presión de 10 MPa. Cuando finalice la limpieza de la junta, ésta deberá ser soplada con un compresor de aire, de las características indicadas en el numeral 500.3.9.

Si los documentos técnicos del proyecto exigen una limpieza adicional con chorro de arena, ésta se realizará como se indica a continuación: Cuando la superficie esté limpia y seca y justo antes de colocar la tirilla de respaldo y el sello, la junta será tratada con dos pasadas de chorro de arena o hidroarenado como mecanismo de preparación de superficie; por ejemplo, una pasada en cada una de las caras de la junta. Luego, se deberá utilizar aire comprimido para remover de la junta todos los residuos de polvo. Los compresores de aire deberán estar equipados con unas trampas adecuadas, capaces de remover toda el agua y toda la grasa presentes en el aire comprimido.

Las ranuras aserradas y limpias se deberán inspeccionar, para asegurar que el corte se haya efectuado hasta la profundidad especificada y que se haya removido toda materia extraña.

Hasta el momento del sellado de las juntas, éstas se deberán proteger obligatoriamente con elementos sintéticos de sección en T, con el fin de evitar la introducción de elementos extraños y daños en los bordes. Las alas de la T se deberán apoyar en la parte superior de la losa.

No se permitirá ningún almacenamiento de material sobre las losas recién construidas.

500.4.21 Sellado de las juntas

El sistema de sellado de juntas deberá garantizar la hermeticidad del espacio sellado, la adherencia del sello a las caras de la junta, la resistencia a la fatiga por tracción y compresión, la resistencia al arrastre por las llantas de los vehículos, la resistencia a la acción del agua, de los solventes, de los rayos ultravioleta y a la acción de la gravedad y el calor, con materiales estables y elásticos.

500.4.21.1 Instante de aplicación del sello

Las juntas deberán ser selladas pasados veintiuno (21) a veintiocho (28) días de edad del concreto, tan pronto como las condiciones climáticas lo permitan y antes de que el pavimento sea abierto al tránsito. En el momento de la aplicación del componente de sello, la temperatura ambiente deberá estar por encima de cinco grados Celsius (5° C) y no

debe haber lluvia ni fundados temores de que ella pueda ocurrir.

Los requerimientos sobre temperatura ambiente se pueden obviar, si así lo autoriza el Interventor. El sello se deberá realizar, preferiblemente, en horas diurnas, cuando la junta esté en el intermedio de su movimiento esperado. En caso de que se requiera la aplicación del material de sello antes de la edad especificada, se deberán utilizar imprimantes que creen una barrera de vapor y garanticen una total adherencia del material sellante a los bordes de la junta.

500.4.21.2 Instalación del sello

Antes de sellar las juntas, el Constructor deberá demostrar que el equipo y los procedimientos para preparar, mezclar y colocar el sello producirán un sello de junta satisfactorio. El Interventor deberá verificar que los procedimientos de instalación propuestos estén de acuerdo con las indicaciones del fabricante.

Antes de iniciar esta tarea en forma masiva, se ejecutarán dos pruebas de instalación en juntas, de cincuenta metros lineales (50 m) cada una, las cuales deberán ser aprobadas por el Interventor.

Para conservar un buen nivel de productividad y calidad, se deberán mantener durante el período total de la obra, las personas y los equipos de trabajo usados para estas pruebas. Los cambios del personal, materiales o equipos, deberán ser notificados al Interventor e implican la realización de nuevos tramos de prueba.

Las juntas deberán ser verificadas en lo que corresponde a ancho, profundidad, alineamiento y preparación de la superficie de los bordes de junta, y el material de sello deberá tener la aprobación del Interventor, antes de que sea aplicado.

Para sellar las juntas se emplearán llenantes elastoméricos autonivelantes a base de poliuretano o siliconas vaciadas en frío, que cumplan con los requisitos citados en el numeral 500.2.5.1.

Previamente al vaciado del material de sello, se deberá colocar una tirilla de respaldo, presionándola dentro de la junta con un instalador adecuado de rueda metálica, de manera que quede colocada a la profundidad requerida. La tirilla, que deberá cumplir los requisitos citados en el numeral 500.2.5.2, no podrá ser estirada ni torcida durante la operación de colocación. Durante la jornada de trabajo, se deberá limitar la colocación de la tirilla de respaldo a las juntas que puedan ser selladas en el día.

Se deberá enrasar el sello pasando una herramienta en ambas direcciones, para asegurar una aplicación libre de aire. La superficie del sello deberá quedar tres milímetros (3 mm) por debajo de los bordes de la junta.

El sello que no pegue a la superficie de la pared de junta, contenga huecos o falle en su tiempo de curado, será rechazado y deberá ser reemplazado por el Constructor, sin costo adicional alguno para el Instituto Nacional de Vías.

500.4.22 Apertura a la circulación

El paso de personas y de equipos para el aserrado y para la comprobación de la regularidad superficial, se podrá autorizar cuando hubiera transcurrido el plazo necesario para que no se produzcan desperfectos superficiales, y se hubiera secado el producto químico de curado, si se emplea este método.

El tránsito de obra no podrá circular sobre el pavimento, mientras éste no haya alcanzado una resistencia a flexotracción del ochenta por ciento (80 %) de la exigida a veintiocho (28) días.

La apertura al tránsito automotor no se autorizará antes de catorce (14) días de la terminación del pavimento, salvo que una medición de la resistencia del concreto mediante el método de maduración, según la norma ASTM C 1074, permita un plazo de apertura menor o que en la ejecución del pavimento se haya empleado la técnica de fast-track. En todos los casos, el Interventor definirá el instante oportuno para la apertura del pavimento al tránsito automotor.

Al abrir el pavimento al tránsito público, todas las juntas deberán estar selladas o protegidas contra daño y contra la intrusión de materiales extraños.

500.4.23 Defectos a edades tempranas

Si se presentan fisuras tempranas, se deberá realizar una revisión detallada de las mezclas utilizadas, de los asentamientos medidos, del manejo de las películas o del procedimiento de curado, del tiempo de ejecución de los cortes, de las temperaturas ambiente y del concreto y, en fin, de todos los elementos que puedan haber incidido en la ocurrencia del fenómeno.

Las losas no podrán presentar grietas. El Interventor podrá aceptar pequeñas fisuras de retracción plástica, de corta longitud y que de manera manifiesta no afecten más que de forma limitada a la superficie del pavimento, y podrá exigir su sellado.

Si una losa presenta una grieta única no ramificada, sensiblemente paralela a una junta, el Interventor podrá aceptar la losa, si el Constructor efectúa, a sus expensas, las operaciones indicadas a continuación:

- Si la junta más próxima a la grieta no se hubiera construido aún, se instalarán en la grieta pasadores o barras de unión, con disposición similar a los existentes en la junta. La grieta se sellará, previa regularización y cajeo de sus bordes;
- Si la junta más próxima a la grieta ya se hubiera construido, la grieta se inyectará, tan pronto como sea posible, con resina epóxica para mantener unidos sus bordes y restablecer la continuidad de la losa.

En losas con otros tipos de grietas, como las de esquina, el Interventor podrá aceptarlas u ordenar la demolición parcial de la zona afectada y su posterior reconstrucción. En el primer caso, la grieta se inyectará tan pronto como sea posible, con resina epóxica que mantenga unidos sus bordes y restablezca la continuidad de la losa. Ninguno de los elementos de la losa, después de su reconstrucción, podrá tener una (1) de sus dimensiones de menos de treinta centímetros (0.30 m). La reposición se anclará mediante grapas al resto de la losa.

La resina epóxica deberá ser del tipo IV grado 1, según la especificación ASTM C 881, y se deberá aplicar de acuerdo con un procedimiento previamente aprobado por el Interventor.

Si a causa de un aserrado prematuro se presentan astilladuras en las juntas, éstas deberán ser reparadas por el Constructor, a sus expensas, con un concreto o mortero de resina epóxica, dependiendo de su tamaño. Antes de la colocación del producto de reparación, la junta deberá ser preparada mediante el corte de una cavidad apropiada que permita remover todo el concreto afectado y provea el espacio en tamaño y forma adecuados para la reparación y, a continuación, se deberá aplicar un imprimante en la cavidad, del tipo III grado 1, según la especificación ASTM C 881.

En todos los casos, el Constructor deberá presentar, previamente, un documento con las acciones correctivas propuestas, incluyendo materiales, dimensiones y procedimientos que pretende utilizar para la reparación del pavimento.

500.4.24 Proceso constructivo para casos especiales

El Constructor deberá seguir las indicaciones de los documentos técnicos del proyecto para adelantar la construcción de las losas de concreto en todos los casos especiales, tal el caso de losas irregulares, empates con estructuras fijas o con otros pavimentos de concreto, presencia de estructuras hidráulicas tales como pozos de inspección y sumideros o empalmes con pavimentos asfálticos, entre otros.

500.4.25 Limitaciones en la ejecución

Los trabajos de construcción del pavimento de concreto hidráulico se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel.

El vaciado del concreto se interrumpirá cuando llueva con una intensidad tal, que pudiera, a juicio del Interventor, producir deformaciones en los bordes de las losas o la pérdida de textura superficial del concreto fresco.

En zonas calurosas, se deberán extremar las precauciones, con el fin de evitar fisuraciones o desecación superficial. Donde la temperatura

ambiente exceda de treinta grados Celsius (30° C), se deberá contemplar el empleo de aditivos retardadores del fraguado.

La temperatura de la masa de concreto, durante la operación de vaciado, no podrá ser inferior a cinco grados Celsius (5° C) y se prohibirá la puesta en obra sobre una superficie cuya temperatura sea inferior a cero grados Celsius (0° C) o cuando la temperatura ambiente sea inferior a cuatro grados Celsius (4° C).

El sellado de juntas en caliente se suspenderá cuando la temperatura ambiente baje de cinco grados Celsius (5° C), salvo autorización del Interventor, o en caso de lluvia o viento fuerte.

500.4.26 Manejo ambiental

Todas las labores requeridas para la construcción del pavimento de concreto hidráulico se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

Sea que los agregados los explote el Constructor o le sean suministrados a éste por terceros, el Interventor verificará que se encuentran vigentes todas las licencias para su explotación.

Así mismo, se controlará que todos los procesos de preparación de agregados, elaboración, transporte y colocación de la mezcla y el acabado del pavimento, se realicen con un cabal cumplimiento de las normas ambientales vigentes.

Al término de los trabajos de construcción del pavimento de concreto hidráulico, el Constructor deberá limpiar la superficie y retirar todo material sobrante o desperdicio y transportarlo y depositarlo apropiadamente en un lugar autorizado por las autoridades ambientales que tengan la jurisdicción respectiva.

Siempre que se deban demoler y reponer losas, según lo establece el numeral 500.5.2.8, los productos de la demolición quedarán de propiedad del Constructor, quien deberá disponer de ellos de manera que no causen afectaciones ambientales ni se genere obligación de ninguna índole al Instituto Nacional de Vías.

500.4.27 Conservación

El pavimento de concreto hidráulico deberá ser mantenido en perfectas condiciones por el Constructor, hasta el recibo definitivo de los trabajos, sin que ello implique costo adicional alguno para el Instituto Nacional de Vías.

500.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**500.5.1 Controles**

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción;
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan todos los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación;
- Verificar la correcta aplicación del método de trabajo aprobado en cuanto a la elaboración y el manejo de los agregados, así como en cuanto a la manufactura, transporte, colocación, compactación, ejecución de juntas, acabado y curado de las mezclas de concreto que constituyen el pavimento;
- Efectuar los ensayos necesarios para el control de la mezcla;
- Establecer una correlación entre la resistencia a flexotracción y la resistencia a tracción indirecta para el concreto con el cual se construye el pavimento;
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y de la mezcla de concreto, durante el período de ejecución de las obras;
- Verificar permanentemente el asentamiento, sí como el contenido de aire de la mezcla, si este último se encuentra especificado;
- Tomar cotidianamente muestras de la mezcla que se elabore, para determinar su resistencia;

- Tomar núcleos para determinar el espesor del pavimento, su densidad y su resistencia a la tracción indirecta, cuando corresponda;
- Realizar medidas para levantar perfiles, medir la textura superficial y comprobar la regularidad de la superficie del pavimento terminado.

Los orificios que dejen los núcleos para determinar el espesor del pavimento y otros controles a que haya lugar, serán rellenados por el Constructor, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías, con una mezcla de iguales características que la empleada en la construcción del pavimento, la cual deberá ser correctamente compactada, enrasada y curada.

500.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

500.5.2.1 Calidad del cemento

De cada partida de cemento que llegue a la central de fabricación, sea que esta última sea de propiedad del Constructor o de un proveedor, se realizarán los ensayos descritos en el Artículo 501 y sus resultados deberán ser remitidos al Interventor. Si ellos no son satisfactorios, se rechazarán el cemento y el concreto que se haya elaborado con él.

Además, cada vez que lo considere necesario, el Interventor efectuará u ordenará la ejecución de los ensayos de control que permitan verificar la calidad del cemento.

500.5.2.2 Calidad del agua

Siempre que el Interventor tenga alguna incertidumbre sobre su calidad, ordenará o ejecutará los ensayos relacionados en las Tablas 630 - 5 y 630 - 6 del Artículo 630; sólo la aceptará si se cumplen los límites establecidos en ellas.

500.5.2.3 Calidad de los agregados

De cada fuente de agregados por utilizar en la producción concreto y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y se ejecutarán los ensayos que permitan verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en los

numerales 500.2.1.3 y 500.2.1.4. También, se deberá evaluar su reactividad, según las indicaciones del numeral 500.2.1.5.

Los resultados de todas estas pruebas deberán satisfacer las exigencias de los numerales anteriormente citados. Los agregados que no las cumplan, no podrán ser utilizados en la elaboración de la mezcla de concreto.

Durante la etapa de producción, el Interventor examinará los acopios y ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, ordenará acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto (tal como distinta coloración), segregación; partículas alargadas o aplanadas o plasticidad, y vigilará la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, sea que el Constructor elabore la mezcla o tenga un proveedor que se la suministra, se verificará la calidad de los agregados, mediante la realización de los ensayos que se relacionan en la Tabla 500 - 7, con la frecuencia indicada en ella.

Los resultados de los ensayos deberán satisfacer todos los requisitos establecidos en el presente Artículo; en caso contrario, la mezcla elaborada con los agregados defectuosos será rechazada y las losas vaciadas con el concreto cuestionado deberán ser demolidas y construidas nuevamente, a expensas del Constructor.

La curva granulométrica de cada ensayo individual se deberá ajustar a la franja de tolerancia. La franja de tolerancia se construirá a partir de la granulometría de diseño de la mezcla (fórmula de trabajo), con los límites fijados en la Tabla 500 - 8.

En caso de que los valores obtenidos excedan la franja de tolerancia definida para la fórmula de trabajo, pero no se salgan de las franjas normativas, el proveedor o el Constructor deberán preparar en laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa. Ella se someterá a todas las pruebas

de valoración descritas en el presente Artículo. En el caso que no cumpla todos los requerimientos, el Constructor demolerá, a sus expensas, las losas cuestionadas y las repondrá, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

Tabla 500 - 7. Ensayos de verificación sobre los agregados para pavimentos de concreto hidráulico

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Módulo de finura	E-123	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos - Seco y húmedo	E-224	1 por mes
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos	E-220	1 por mes
Limpieza (F)		
Impurezas en agregado grueso	E-237	1 por semana
Índice de plasticidad	E-125,126	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana
Terrones de arcilla y partículas deleznales	E-211	1 por semana
Partículas livianas.	E-221	1 por semana
Material que pasa el tamiz de 75 µm (No. 200)	E-214	1 por semana
Geometría de las partículas (F)		
Partículas fracturadas mecánicamente	E-227	1 por jornada
Partículas planas y alargadas	E-240	1 por semana

Tabla 500 - 8. Tolerancias granulométricas respecto de la fórmula de trabajo

TOLERANCIA	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	9.5	4.75	2.36	1.18	0.600	0.300	0.150	0.075
	3/8"	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100	No. 200
	PUNTOS DE % SOBRE LA MASA SECA DE LOS AGREGADOS							
	± 4		± 3					± 1

500.5.2.4 Calidad del acero

El Constructor deberá presentar certificaciones periódicas originales de los fabricantes o de los proveedores del acero

empleado en pasadores, barras de amarre y refuerzos requeridos para la construcción del pavimento, donde se demuestre que el acero utilizado satisface a cabalidad las exigencias del presente Artículo. Ninguna certificación podrá tener una antigüedad superior a treinta (30) días.

Así mismo, cada vez que lo considere conveniente, el Interventor ordenará o efectuará las pruebas necesarias para verificar que la calidad del acero empleado responde a las exigencias de este Artículo.

500.5.2.5 Calidad de los productos químicos para curado y de las membranas de separación

El Constructor deberá presentar certificaciones periódicas de los fabricantes o de los proveedores de estos productos, que brinden garantía en cuanto a la calidad y a la conveniencia de su utilización, para la revisión y eventual autorización de uso por parte del Interventor.

500.5.2.6 Calidad del producto para el sellado de juntas

El Constructor deberá presentar certificaciones periódicas de los fabricantes o proveedores de los productos por emplear en el sellado de las juntas, que brinden garantía en cuanto a la calidad y a la conveniencia de su utilización, para la revisión y eventual autorización de uso por parte del Interventor.

El Constructor deberá garantizar el sello contra defectos de los materiales y de instalación, por un período mínimo de cinco (5) años.

500.5.2.7 Calidad de la mezcla

De cada elemento de transporte a la obra, se controlará el aspecto del concreto y su temperatura. Cualquier concreto segregado, cuya envuelta no sea homogénea será rechazado por el Interventor, sin tener que recurrir a prueba alguna de laboratorio o de campo para tomar tal determinación.

500.5.2.7.1 Consistencia

Se controlará la consistencia de cada carga transportada, para lo cual extraerá una muestra en el momento de la colocación del concreto, para someterla al ensayo de asentamiento (INV E-404). El resultado obtenido se deberá ajustar al establecido al definir la fórmula de trabajo, con las tolerancias que muestra la Tabla 500 - 9. Si el asentamiento se encuentra por fuera de los límites de tolerancia o por fuera del rango aceptado en el numeral 500.4.2, se tomará una segunda muestra del mismo camión y se repetirá el ensayo. Si este último se encuentra dentro de los límites y tolerancias especificados, se aceptará el viaje. En caso contrario, se rechazará.

Tabla 500 - 9. Tolerancias en el asentamiento y en el contenido de aire respecto de los definidos en la fórmula de trabajo

CARACTERÍSTICA	CONSTRUCCIÓN	TOLERANCIA
Asentamiento	Formaletas fijas	25 a 50
	Formaletas deslizantes	13 a 38
Contenido de aire, cuando esté especificado	Formaletas fijas	+ 1.8 %
	Formaletas deslizantes	+ 1.8 %

500.5.2.7.2 Contenido de aire

Si en el diseño de la mezcla se ha especificado un contenido de aire, se deberá controlar en cada uno de los tres (3) primeros camiones que lleguen a la obra en la jornada de trabajo y en los tres (3) primeros después de cada interrupción, programada o no, durante el curso de dicha jornada, según la norma de ensayo INV E-406. Los resultados se deberán ajustar al valor establecido al definir la fórmula de trabajo, con las tolerancias que muestra la Tabla 500 - 9. Si el resultado de la muestra de algún camión se encuentra por fuera de los límites de tolerancia, se tomará una segunda muestra del mismo camión y se repetirá el ensayo. Si este último se encuentra dentro de la tolerancia especificada, se

aceptará el viaje. En caso contrario, se rechazará. Si se rechaza el concreto de los tres (3) camiones consecutivos por este motivo, se suspenderán la producción de la mezcla y la construcción del pavimento, hasta que se detecten y corrijan las causas de la anomalía.

500.5.2.7.3 Resistencia

La resistencia de la mezcla se evaluará en términos de su resistencia a la flexión (norma de ensayo INV E-414). La resistencia a la flexión se evaluará y aceptará por lotes usando un análisis de nivel de calidad (NQ); este análisis NQ calcula el grado de cumplimiento de la resistencia especificada en términos del porcentaje estimado de la resistencia dentro de los límites de la especificación (PDL) por un método estadístico que tiene en cuenta el promedio de los resultados de los ensayos del lote y su dispersión (desviación estándar) debida a la variabilidad tanto del material como de los procedimientos de muestreo y ensayo. El análisis NQ se hará como se indica en el numeral 500.5.2.7.3.1; los resultados de este análisis se calificarán, para efectos de aceptación, aceptación con sanción (o reducción de precio) o rechazo según se indica en el numeral 500.5.2.7.3.2.

Se considerará como "lote", que se aceptará o rechazará en bloque, la menor cantidad de pavimento construida con el mismo tipo de mezcla que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- La obra ejecutada en una jornada de trabajo;
- Trescientos cincuenta metros cúbicos (350 m³) de concreto colocado.

No obstante lo anterior, en lo relativo a integridad del pavimento, numeral 500.5.2.8.1, la unidad de valoración para aceptación o rechazo será la unidad

de losa, y en lo relativo a regularidad superficial se aplicará lo descrito en el numeral 500.5.2.8.8.

De cada lote definido para inspección se moldearán aleatoriamente y de amasadas diferentes, un mínimo de tres (3) muestras, constituida cada muestra por cuatro (4) especímenes prismáticos o cilíndricos de una misma amasada y cuyas dimensiones, preparación y curado deberán estar de acuerdo con la norma de ensayo INV E-402.

En la identificación de cada espécimen deberá constar la fecha de elaboración, la clase de concreto, la identificación de la(s) losa(s) donde éste fue vaciado y cualquier otra información que se considere necesaria.

Para proyectos con baja producción diaria de concreto para un tipo dado de mezcla (menos de 100 m³ por día), se podrá combinar la producción del día con la producción del siguiente o siguientes días del mismo tipo de mezcla, hasta completar 100 m³ de concreto colocado y tratar esa producción como un lote.

Por cada muestra se elaborarán las siguientes probetas:

- Cuatro (4) vigas prismáticas para ensayos de resistencia a flexión (INVE-414), de las cuales se fallarán dos (2) a siete (7) días y dos (2) a veintiocho (28) días, luego de ser sometidas al curado normalizado;
- Cuatro (4) cilindros, para ensayos de compresión inconfiada (INV E-410) o tracción indirecta (INV E-411), de los cuales se fallarán dos (2) a siete (7) días y dos (2) a veintiocho (28) días, luego de ser sometidos al curado normalizado.

Se aplicará el ensayo de resistencia a la compresión (norma de ensayo INV E-410) para tránsito NT-1 y resistencia a la tracción indirecta (norma de ensayo INV E-411) para tránsitos NT-2 y NT-3.

El promedio de la resistencia de las dos (2) probetas de la misma mezcla y de la misma edad se considerará como el resultado de un ensayo. Los valores de resistencia a siete (7) días se emplearán únicamente para controlar la regularidad de la calidad de la producción del concreto para dar el tramo al tránsito, mientras que los obtenidos a veintiocho (28) días se emplearán en la comprobación de la resistencia del concreto para su aceptación.

Para algunos proyectos o para algunas partes de un proyecto, se puede requerir que la resistencia especificada para el concreto se obtenga a una edad más temprana, la cual deberá estar definida en los documentos del proyecto o acordada en obra con el Interventor; en estos casos, se variarán las edades de los ensayos de manera consecuente y los criterios de aceptación se aplicarán a la nueva edad establecida.

Todos los ensayos de resistencia se reportarán con la precisión indicada en las normas de ensayo respectivas, empleando el método de redondeo de la norma de ensayo INV E-823.

500.5.2.7.3.1 Cálculo del porcentaje estimado de la resistencia dentro de los límites de la especificación (PDL)

El cálculo del porcentaje estimado de la resistencia dentro de los límites de la especificación (PDL) se hará según el numeral 107.3.2 del Artículo 107, con base en el promedio de los resultados de resistencia de cada lote, su desviación estándar y su índice

de calidad inferior IQI. Las variables de cálculo serán las siguientes:

- Como resultados individuales (V_i) se usarán las resistencias individuales del concreto a flexión ($f_{f,i}$) a la edad de 28 días;
- Como valor medio de la muestra (V_m) se usará la resistencia promedio del concreto a flexión, a una edad de veintiocho (28) días, de la muestra que representa al lote bajo evaluación ($f_{f,m}$);
- Como valor mínimo o límite inferior de la especificación ($V_{\min}$) se usará el valor mínimo de resistencia del concreto a flexión ($f_{f,\min}$);
- Número de ensayos que integran la muestra que representa al lote (n);
- El porcentaje estimado de valores dentro del límite superior de la especificación (PDLS) será 100, puesto que no se define un límite superior para el parámetro evaluado ($V_{\max}$), es decir, para la resistencia del concreto a flexión.

Los documentos del proyecto deberán definir el valor mínimo de resistencia del concreto a flexión ($f_{f,\min}$), valor que puede ser nombrado también como “resistencia característica a la flexión”. Si los documentos técnicos del proyecto no lo definen expresamente, se calculará el valor mínimo $f_{f,\min}$ como el valor de resistencia a la flexión señalado en los documentos menos 0.2 MPa (2 kg/cm²).

500.5.2.7.3.2 Criterio de aceptación de la resistencia a la flexión del concreto

Para la aceptación o rechazo del lote de pavimento de concreto, se definen 3 niveles de calidad en función del porcentaje estimado de la resistencia dentro de los límites de la especificación (PDL):

- **Nivel de aceptación a satisfacción:** si el valor de PDL del lote es igual o superior a 90 %, el lote de pavimento se acepta y se paga al precio unitario del contrato;
- **Nivel de aceptación con sanción:** si el valor de PDL del lote está entre 50 % y 89 %, el lote de pavimento se podrá aceptar con sanción, consistente en la aplicación de una reducción al precio unitario del contrato para el pago del lote por medio de un factor de ajuste de precio. El factor de ajuste de precio por resistencia FAR (menor que la unidad), que se aplicará al precio unitario del contrato para el pago del lote, se definirá para cada lote mediante la Tabla 500 - 10;
- **Nivel de rechazo:** si el valor de PDL del lote es inferior 50 %, el Constructor deberá demoler el lote de pavimento objeto de la controversia y reemplazarlo a sus expensas, con otro de calidad satisfactoria; el producto de la demolición será de su propiedad;

Eventualmente el Instituto Nacional de Vías puede, por conveniencia para el proyecto, permitir que no se demuela un lote de pavimento rechazado ($PDL < 50 \%$); en este caso, el pavimento rechazado podrá permanecer en el sitio pero será pagado al

cincuenta por ciento (50 %) del precio del contrato (FAR = 0.500).

500.5.2.7.3.3 Resistencia a la compresión o a la tracción indirecta

En principio, los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión o a la tracción indirecta, realizados sobre probetas elaboradas en moldes cilíndricos o sobre núcleos, no se utilizarán como criterio de aceptación o rechazo del concreto colocado. Podrán servir como elemento de juicio en aquellos casos en que, dentro de un mismo lote, se registren valores individuales de resistencia a la flexión excesivamente bajos con respecto a los demás valores del lote, o que el Interventor tenga dudas sobre los ensayos de flexión correspondientes.

Tabla 500 - 10. Factor de ajuste del precio unitario por resistencia (FAR)

PDL, %	FAR FACTOR DE AJUSTE DE PRECIO UNITARIO	PDL, %	FAR FACTOR DE AJUSTE DE PRECIO UNITARIO	PDL, %	FAR FACTOR DE AJUSTE DE PRECIO UNITARIO
90 a 100	1.000	73	0.915	56	0.795
89	0.995	72	0.910	55	0.788
88	0.990	71	0.905	54	0.780
87	0.985	70	0.900	53	0.773
86	0.980	69	0.893	52	0.765
85	0.975	68	0.885	51	0.758
84	0.970	67	0.878	50	0.750
83	0.965	66	0.870	Rechazo	
82	0.960	65	0.863		
81	0.955	64	0.855		
80	0.950	63	0.848		
79	0.945	62	0.840		
78	0.940	61	0.833		
77	0.935	60	0.825		
76	0.930	59	0.818		
75	0.925	58	0.810		
74	0.920	57	0.803		

Sin embargo, si para el mismo diseño de mezcla de concreto con el que se construye el pavimento, se ha establecido o se logra establecer en la obra una correlación con un coeficiente de correlación (r^2) mayor de nueve décimas (0.9) entre los resultados de módulo de rotura y de compresión o tracción indirecta (los dos últimos preferiblemente de núcleos), en un muestreo por lo menos de 30 especímenes, el Interventor podrá aceptar el control de la resistencia por medio de probetas cilíndricas sometidas a la prueba de compresión o tracción indirecta, en lugar de ensayar vigas prismáticas a flexión.

La correlación por aplicar, que deberá ser aprobada por el Interventor, no corresponderá a la línea promedio de correlación, sino a la línea ajustada de correlación que represente un nivel de confianza mínimo del 85 % en la estimación de la resistencia a la flexión con base en un valor dado de compresión o tracción indirecta.

En dicho caso, no será necesario elaborar las cuatro (4) vigas de cada muestra mencionadas en el numeral 500.5.2.7.3; sin embargo, al menos en vías de tránsito NT3, será necesario seguir tomando vigas con alguna frecuencia para verificar que la correlación se sigue cumpliendo; el Interventor decidirá, con base en los resultados que se van obteniendo, la frecuencia de toma de vigas.

En este caso, los resultados de compresión o tracción indirecta serán sometidos al mismo análisis estadístico de nivel de calidad (NQ) establecido para los resultados de los ensayos a flexión, numeral 500.5.2.7.3.1, y se

aplicarán los mismos criterios de aceptación, numeral 500.5.2.7.3.2.

Se utilizará como valor mínimo de resistencia del concreto a compresión o a tracción indirecta $f_{c,mín}$ o $f_{t,mín}$ (límite inferior de la especificación), el valor de compresión o de tracción indirecta que corresponda al valor mínimo de resistencia del concreto a flexión $f_{f,mín}$ que se haya establecido en los documentos del proyecto, o se haya definido según las indicaciones del numeral 500.5.2.7.3.1; la correspondencia con la correlación aprobada para el proyecto, será la que represente un nivel de confianza mínimo del 85 % en la estimación de la resistencia a la flexión con base en un valor dado de tracción indirecta o de compresión inconfiada.

500.5.2.8 Calidad del producto terminado

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas en los planos del proyecto o modificadas con autorización del Interventor.

La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa construida no podrá ser menor que la indicada en los planos o la determinada por el Interventor.

La cota de cualquier punto del pavimento curado no deberá variar en más de cinco milímetros (5 mm) de la proyectada. De igual manera, no deberán existir depresiones mayores a tres milímetros (5 mm), cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793; la regla se colocará tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja al azar el Interventor, los cuales no podrán estar afectados por cambios de pendiente. Las losas que presenten anomalías por encima de estos límites deberán ser demolidas y sus escombros deberán ser transportados a los sitios aprobados para su recepción, todo

a expensas del Constructor, quien, además, deberá reemplazarlas con losas que cumplan con todas las exigencias del presente Artículo, sin que ello implique costo alguno para el Instituto Nacional de Vías. El producto de la demolición será de su propiedad.

Además, se deberán efectuar las siguientes verificaciones:

500.5.2.8.1 Integridad

Siempre que se presenten losas agrietadas o astilladas, se procederá como se indica en el numeral 500.4.23.

Si el Interventor acepta losas agrietadas sin demoler se dejará constancia de ello en el acta de recibo definitivo de las obras y el Instituto Nacional de Vías podrá exigir, durante el período de garantía de la estabilidad de la obra, la demolición total y la posterior reconstrucción de las losas agrietadas, si las grietas se han agravado o ramificado, o si han sido el origen de daños en las losas vecinas. Estas últimas también deberán ser demolidas y reconstruidas con cargo a la garantía.

500.5.2.8.2 Espesor de las losas

Durante la construcción del pavimento se deberán nivelar el eje y los bordes del pavimento cada veinte metros (20 m) a lo largo del eje, tanto sobre la superficie de soporte del pavimento, como en la superficie del pavimento de concreto hidráulico, después de su ejecución y curado; estas verificaciones de nivel se deberán realizar exactamente en los mismos puntos. Así mismo, una vez retiradas las formaletas, se realizarán las verificaciones de espesores en los costados de las losas. Estas mediciones de niveles se usarán como guía para delimitar zonas cuyo espesor, evaluado como se indica en los párrafos siguientes de este numeral, resulte deficiente, o para determinar la toma de núcleos adicionales, los resultados de la

nivelación muestren que existen posibles deficiencias de espesor.

La verificación de espesor para aceptación o rechazo se realizará por lotes; se usarán los mismos lotes establecidos para la verificación de la resistencia, numeral 500.5.2.7.3. Cada lote se subdividirá en, al menos, tres sub-lotes de máximo trescientos cincuenta metros cuadrados (350 m^2) cada uno, debiendo extraerse de cada sub-lote dos (2) testigos cilíndricos o núcleos mediante equipos provistos de brocas rotativas (norma de ensayo INV E-418) Los testigos se extraerán luego de transcurridos quince (15) días desde la colocación del concreto; los espesores de los núcleos se medirán según la norma de ensayo de ensayo INV E-419.

Los agujeros dejados por los núcleos en el pavimento se deberán rellenar a más tardar al día siguiente del corte, con un concreto apropiado de la misma calidad del concreto del pavimento o superior, que no se contraiga; antes de su colocación, se deberá aplicar una resina en las paredes del agujero, del tipo V, según la especificación ASTM C-811.

Si el espesor promedio de los dos (2) testigos correspondientes a un sub-lote resulta inferior al espesor teórico de diseño (e_d) en más de diez milímetros (10 mm) el Constructor deberá demoler todo el sub-lote, retirar y disponer apropiadamente los escombros en un lugar aprobado y reconstruir el pavimento, todo ello a sus expensas, de modo de cumplir todas las exigencias de la presente especificación. Igual procedimiento se seguirá cuando el espesor de un (1) testigo resulte inferior en más de quince milímetros (15 mm) con respecto al teórico del diseño. El material producto de la demolición será de propiedad del Constructor.

Se considerará como espesor promedio del lote (e_m), al promedio de las alturas de los testigos

extraídos de él, redondeado al milímetro (mm). Cuando corresponda la demolición de un sub-lote por los motivos expuestos en el párrafo anterior, las alturas de los testigos tomados en el tramo objeto de demolición no se considerarán en el cálculo del espesor promedio del lote.

Si el espesor promedio del lote es inferior al teórico de diseño en más de dos milímetros (2 mm) y hasta siete milímetros (7 mm), el pavimento, en cuanto hace a su espesor, se aceptará con descuento por deficiencia de espesor. El descuento se aplicará al lote cual se extrajeron los testigos, previa deducción de los sectores donde haya correspondido la demolición y la reconstrucción. El descuento (D), en tanto por uno, por aplicar en el pago por metro cúbico de pavimento en el lote así afectado (Z), se calculará con la expresión:

$$D = \left(1 - \frac{(e_m + 2)^2}{e_d^2}\right) \quad [500.1]$$

Donde: e_d : Espesor de diseño, mm;

e_m : Espesor promedio del lote, mm.

El factor de ajuste de precio por espesor FAE (menor o igual que la unidad), que se aplicará al precio unitario del contrato para el pago de los lotes correspondientes al lote analizado, será el resultado de restar el descuento D de la unidad.

$$FAE = 1 - D \quad [500.2]$$

Cuando el espesor promedio del lote (e_m) sea inferior al teórico de diseño (e_d) en más de siete milímetros (7 mm), el Constructor deberá demoler, retirar y disponer escombros y reconstruir el pavimento, a sus expensas, de modo de cumplir todas las exigencias de la presente especificación. El

pavimento reconstruido se someterá a las mismas valoraciones de calidad especificadas en este Artículo para cualquier tramo de pavimento, para efectos de su aprobación o rechazo.

Si un lote califica para ser demolido, de acuerdo con el párrafo anterior, pero los resultados de alturas de núcleos y mediciones topográficas sugieren que la deficiencia no es generalizada en el lote sino que está concentrada en algún sub-lote, la zona restante podrá ser analizada nuevamente, tratándola como un lote; en este caso, podrá ser necesario tomar núcleos adicionales para cumplir con el mínimo de 3 sub-lotes dentro de esta zona.

Todos los núcleos extraídos para la medida del espesor serán sometidos, sucesivamente, a ensayos de densidad, módulo de elasticidad y resistencia (tracción indirecta para tránsitos NT-2 y NT-3 o compresión inconfiada para tránsito NT-1). La resistencia se medirá a los 28 días (normas de ensayo INV E-410 o INV E-411 según corresponda), luego de ser sometidos a curado húmedo durante las cuarenta y ocho (48) horas previas al ensayo.

Los resultados de las resistencias medidas en los núcleos se podrán usar para calificar la calidad del concreto, si se ha establecido una correlación entre ellas y la resistencia a la flexo-tracción del concreto, con las condiciones descritas en el numeral 500.5.2.7.3.3.

500.5.2.8.3 Densidad del concreto

A los testigos extraídos del pavimento terminado se les determinará su densidad, según la norma de ensayo ASTM C 642

En principio, los resultados deberán ser reportados, pero no se emplearán como criterio para aceptación o rechazo del pavimento construido, salvo que los documentos técnicos del proyecto o una especificación particular así lo indiquen y establezcan un criterio para su calificación; sin

embargo, si densidad promedio de los núcleos de un lote es menor de noventa y siete por ciento (97 %) o algún núcleo presenta densidad menor de noventa y seis por ciento (96 %), con respecto a la densidad del concreto elaborado al definir la fórmula de trabajo, será indispensable que el Constructor mejore el vibrado del concreto de manera que los requisitos establecidos anteriormente se logren en las posteriores verificaciones. Si la situación persiste, el Interventor ordenará la suspensión de la construcción del pavimento de concreto hasta que el Constructor demuestre, mediante la ejecución de un nuevo tramo de prueba y su verificación a satisfacción del Interventor, que puede colocar el concreto cumpliendo con tales requisitos.

En cualquier caso, la presencia de hormigueros en los núcleos hará obligatoria la demolición de las losas afectadas y su reconstrucción con losas que cumplan todos los requisitos de esta especificación.

500.5.2.8.4 Módulo elástico del concreto

Sobre los núcleos cilíndricos extraídos del pavimento para el control espesores, numeral 500.5.2.8.2, se determinará el módulo de elasticidad, mediante el procedimiento descrito en la norma de ensayo INV E-424.

El valor promedio de cada lote deberá ser reportado y se empleará, si corresponde, en la revisión de los diseños estructurales del pavimento.

500.5.2.8.5 Alineación de los pasadores

La alineación de los pasadores en las juntas transversales se podrá verificar mediante tomografía magnética, empleando un dispositivo MIT Scan 2 o uno equivalente.

Si se advierten desviaciones superiores a las consideradas aceptables en el numeral 500.4.9.1, el Constructor dispondrá de dos opciones: (i) realizar, a sus expensas, los trabajos de realineación de las

varillas desviadas, empleando un procedimiento sancionado por la experiencia y aceptado por el Interventor, o (ii) no realizar ninguna intervención.

Si acoge la segunda opción, de ello se dejará constancia en el acta de recibo definitivo de la obra y los registros respectivos se incluirán en el informe final de Interventoría. En tal evento, serán de responsabilidad exclusiva del Constructor los agrietamientos transversales que se presenten en las losas a causa de la falta de alineación, durante el período de vigencia de la garantía de estabilidad de la obra y, por lo tanto, estará obligado a reconstruir las losas afectadas y a reponer, a sus expensas, todo el sistema de transferencia de carga de ellas, a satisfacción completa del Instituto Nacional de Vías, durante dicho período.

500.5.2.8.6 Textura

Al día siguiente de aquel en el cual se haya realizado el vaciado del concreto y el texturizado transversal se determinará, en sitios aleatorios (norma de ensayo INV E-730) que no coincidan con juntas, la profundidad de textura por el método del círculo de arena, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-791.

El número mínimo de puntos a controlar por lote será de tres (3), que se ampliarán a cinco (5) si la textura obtenida en uno (1) de los tres (3) primeros es inferior a la especificada. Después de diez (10) lotes consecutivos aceptados, el Interventor podrá reducir la frecuencia de los ensayos.

La profundidad promedio de textura del lote deberá estar comprendida entre sesenta y cien centésimas de milímetro (0.6 mm a 1.0 mm), sin que ningún valor individual se encuentre por debajo de cuarenta centésimas de milímetro (0.4 mm).

Si al menos uno de estos requisitos se incumple, se rechazará el tramo representado por el lote, hasta

que el Constructor haga las correcciones necesarias para alcanzar los valores prescritos, las cuales correrán de su exclusiva cuenta y costo. Si la solución que propone o implementa el Constructor da lugar a disminuciones en el espesor del pavimento, se usarán los espesores reducidos para verificar de nuevo el lote o lotes de pavimento para su aceptación o rechazo por espesor, según el numeral 500.5.2.8.2.

500.5.2.8.7 Resistencia al deslizamiento

La resistencia al deslizamiento se medirá el día previo al previsto para la puesta en servicio del tramo de pavimento representado por el lote respectivo, en sitios que no coincidan con juntas de pavimento.

Debido a que la resistencia al deslizamiento se encuentra relacionada directamente con la seguridad de los usuarios, los puntos para su determinación en cada lote no se elegirán al azar, sino que serán ubicados por el Interventor en aquellos lugares que considere más sensibles al deslizamiento vehicular, en condición de superficie húmeda.

Las medidas se realizarán por el péndulo británico, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-792, en tres (3) puntos por lote en zonas en tangente y en uno (1) por cada curva horizontal, curva vertical, intersección, glorieta y zona de frenado frecuente, incluidas dentro del lote. Ninguna de las medidas podrá presentar un valor inferior al límite indicado en la Tabla 500 - 11, de acuerdo con el tránsito de diseño y el tipo de sección vial. En caso que se presenten valores menores, el Interventor realizará medidas adicionales para delimitar perfectamente el área afectada, la cual deberá ser corregida por el Constructor, a sus expensas, mediante microfresado. Si esta operación afecta el espesor del pavimento, se usarán los espesores reducidos para

verificar de nuevo el lote o lotes de pavimento para su aceptación o rechazo por espesor, según el numeral 500.5.2.8.2.

Tabla 500 - 11. Valores mínimos admisibles del coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo británico

TIPO DE SECCIÓN	NT1	NT2	NT3
	COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO, MÍNIMO		
Glorietas, curvas con radios menores de 200 metros, pendientes $\geq 5\%$ en longitudes de 100 metros o más, intersecciones, zonas de frenado frecuente	0.50	0.55	0.60
Otras secciones	0.45	0.50	0.50

La resistencia al deslizamiento se puede verificar también con dispositivos de rueda parcialmente bloqueada (INV E-815). En tal caso, la especificación particular indicará el equipo autorizado, así como los valores mínimos por alcanzar, los cuales deberán ser, cuando menos, equivalentes a los señalados en la Tabla 500 - 11 para medidas con el péndulo.

500.5.2.8.8 Regularidad superficial

El Índice Internacional de Rugosidad (IRI) se comprobará de manera continua en toda la longitud de la obra y en cada carril, antes del recibo definitivo de la misma. Para los efectos de aceptación del pavimento terminado, este Artículo establece que la determinación del IRI se deberá realizar, únicamente, con procedimientos de medida de precisión o con equipos de referencia inercial.

Las medidas de precisión se podrán adelantar con mira y nivel, de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma de ensayo INV E-794 o con un perfilómetro pivotante de alta precisión, norma de ensayo INV E-814.

Si se opta por el equipo de referencia inercial, éste se deberá validar previamente con uno de precisión

en un tramo de prueba de longitud no menor de doscientos metros (200 m). El equipo de referencia inercial se deberá operar de acuerdo con la norma de ensayo ASTM E 950.

Para efectos de la evaluación con fines de recibo, las medidas se harán en cada uno de los carriles del pavimento construido y los valores del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) se presentarán en m/km, en tramos consecutivos de cien metros (100 m) por carril, con la excepción que se cita en el párrafo siguiente. Un conjunto de cinco (5) tramos constituirá un lote.

No habrá exigencia sobre el cumplimiento de regularidad superficial en tramos que incluyan singularidades, entendiéndose por tales todas aquellas alteraciones del perfil longitudinal de la carretera que incrementen el IRI y no provengan de deficiencias constructivas, como pueden ser intersecciones con otras vías, puentes, pozos de inspección, reductores de velocidad, etc., los cuales será definidos por el Interventor, con su ubicación respectiva (carril y abscisa), antes de proceder a la determinación del índice internacional de rugosidad (IRI).

Se entenderá que la superficie del pavimento tiene una regularidad superficial aceptable, si a lo largo de la longitud evaluada en cada carril se satisfacen los valores indicados en la Tabla 500 - 12.

Tabla 500 - 12. Valores máximos admisibles de IRI (m/km)

PORCENTAJE DE HECTÓMETROS	TIPO DE TRÁNSITO		
	NT1	NT2	NT3
40	2.4	1.9	1.4
80	3.0	2.5	2.0
100	3.5	3.0	2.5

Si la proporción de hectómetros donde los resultados de la regularidad superficial (IRI) exceden los límites especificados, no es superior a veinte por

ciento (20 %) del total del lote, el Interventor delimitará los subsectores relevantes en el incumplimiento y podrá autorizar su corrección mediante fresado, siempre y cuando dicha operación dé lugar a un acabado superficial semejante al conjunto de la obra y no origine disminuciones de espesor que conduzcan al rechazo de lotes de obra, en los términos definidos en el numeral 500.5.2.8.2. Si el acabado es incorrecto y/o la reducción de espesor conduce al rechazo, el Constructor deberá demoler y reconstruir los lotes afectados. Tanto la corrección de defectos como la demolición y retiro al sitio de disposición de sobrantes y la posterior reconstrucción del pavimento, con la calidad exigida por el presente Artículo, serán a expensas del Constructor.

Si la proporción de hectómetros donde los resultados de IRI exceden los límites especificados es mayor a veinte por ciento (20 %) del total del lote, toda la longitud de éste deberá ser demolida y reconstruida. La demolición, traslado y disposición del material demolido y la reconstrucción del pavimento, con la calidad exigida por el presente Artículo, serán a expensas del Constructor.

En ambos casos, el material demolido será de propiedad del Constructor. Éste, a su vez, no podrá invocar las reparaciones o reconstrucciones derivadas de deficiencias en la regularidad superficial, como causal para incumplir el programa de trabajo.

500.5.2.8.9 Transferencia de carga en las juntas

Se deberá comprobar la transferencia de carga, tanto en las juntas longitudinales como en las transversales, siguiendo las indicaciones de los documentos técnicos del proyecto. En ellos se fijarán, también, los valores mínimos admisibles y los procedimientos a seguir en caso de incumplimiento.

500.6 MEDIDA

La unidad de medida del pavimento de concreto hidráulico será el metro cúbico (m^3), aproximado al décimo de metro cúbico ($0.1 m^3$), de concreto suministrado, colocado, compactado y terminado, debidamente aceptado por el Interventor, de acuerdo con lo exigido en este Artículo.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma de ensayo INV E-823.

El volumen se determinará multiplicando la longitud real medida a lo largo del eje del proyecto, por el ancho y el espesor mostrados en los documentos del proyecto o ajustados según los cambios ordenados por el Interventor; en aquellos lotes aceptados cuyo espesor promedio resulte inferior al de diseño, el volumen se determinará usando el espesor promedio del lote en lugar del espesor mostrado en los documentos del proyecto. No se medirá, con fines de pago, ningún volumen por fuera de estos límites.

Cuando en el proyecto se establezca la construcción de losas reforzadas, como se indica en el numeral 500.2.2.3, el acero de refuerzo correspondiente se medirá como se indica en el Artículo 640.

El acero correspondiente a pasadores y barras de amarre no se medirá para efectos de pago independiente.

500.7 PAGO

El pago se hará al precio unitario del contrato, multiplicado por el factor de ajuste total FAT según se indica a continuación, por toda obra ejecutada de acuerdo con este Artículo y aceptada por el Interventor.

El factor de ajuste total FAT, que se calculará para cada lote individual y que tiene un valor máximo de la unidad (1), será el resultado de multiplicar el factor de ajuste por resistencia FAR, numeral 500.5.2.7.3.2, por el factor de ajuste por espesor FAE, numeral 500.5.2.8.2, determinados para ese lote.

$$FAT = FAR \times FAE$$

[500.3]

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de adquisición, obtención de licencias ambientales, permisos y derechos de explotación o alquiler de las fuentes de materiales y el descapote y la preparación de las zonas por explotar. Deberá cubrir, también, todos los costos de explotación de las fuentes de materiales; la selección, trituración, eventual lavado y clasificación de los materiales pétreos; el suministro, el almacenamiento, los desperdicios, cargues, transportes, descargues y la mezcla de todos los materiales constitutivos de la mezcla de concreto cuya fórmula de trabajo se haya aprobado, incluidos los aditivos; la obtención, el transporte, el suministro y la aplicación del agua requerida para el humedecimiento de la superficie de apoyo del pavimento o el suministro y la colocación del papel especial o el material plástico para aislar el pavimento de la capa de soporte; el costo de la definición de la fórmula de trabajo; el suministro, la colocación y el retiro de las formaleas fijas cuando ellas se utilicen; el suministro, el almacenamiento, los desperdicios, cargues, transportes, descargues y la colocación de los pasadores y de sus dispositivos de soporte, de las barras de unión, de los elementos para separación del pavimento y el suministro y la aplicación de los materiales de curado y de los materiales para el sello de todas las juntas según lo contemple el proyecto y su instalación; el transporte del concreto al sitio de los trabajos, su colocación y vibrado; la ejecución de juntas en fresco o por aserrado; el acabado superficial y el curado requerido; las instalaciones provisionales; los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes de materiales; la adecuación paisajística de las fuentes para recuperar las características hidrológicas superficiales al terminar su explotación; el tramo de prueba; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito público durante la realización de las obras y durante el período de curado; la limpieza final del sitio de los trabajos al término satisfactorio de éstos y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá incluir, además, todos los costos correspondientes a administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

La preparación de la superficie existente, salvo el humedecimiento o el suministro y colocación del papel especial o el material plástico previos a la colocación del concreto, se considera incluida en el ítem referente a la capa a la cual corresponde dicha superficie y, por lo tanto, no habrá lugar a pago separado por este concepto. Si dicho ítem no está incluido en el contrato, el Constructor deberá incluir el costo de la preparación de la superficie existente dentro del precio unitario del pavimento de concreto hidráulico.

El acero necesario para la construcción de losas reforzadas, se pagará con cargo al Artículo 640, "Acero de Refuerzo".

500.8 ÍTEM DE PAGO

500.1	Pavimento de concreto hidráulico	Metro cúbico (m3)
500.2	Pavimento de concreto hidráulico de fraguado rápido (fast-track)	Metro cúbico (m3)

Nota: en el caso de pavimentos de concreto hidráulico de fraguado rápido (fast-track) los documentos del proyecto deberán definir la edad a la cual se debe alcanzar la resistencia de diseño.

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

SUMINISTRO DE CEMENTO HIDRÁULICO

ARTÍCULO 501 – 13

501.1 DESCRIPCIÓN

Esta especificación se refiere al suministro de cemento hidráulico para la elaboración de las estabilizaciones, mezclas, morteros y lechadas que se requieran para ejecutar las unidades de obra que incluyan el cemento hidráulico como uno de sus componentes y consideren el pago separado del producto.

501.2 MATERIALES

501.2.1 Definiciones

Cemento hidráulico: cemento que fragua y endurece por reacción química con el agua, incluso bajo agua.

Clínker Portland: Componente del cemento en forma granulada, constituido principalmente por silicatos, aluminatos y ferroaluminatos de calcio y que se obtiene por la cocción, hasta fusión parcial (clinkerización), de una mezcla convenientemente proporcionada y homogenizada de materiales debidamente seleccionados.

Cemento Portland: cemento hidráulico que se obtiene de la pulverización del clínker Portland, consistiendo esencialmente en silicatos de calcio hidratados.

Cemento hidráulico adicionado: cemento hidráulico que consta de dos o más componentes inorgánicos (por lo menos uno de los cuales no es cemento Portland o clínker Portland) que, por separado o en conjunto, contribuyen a las propiedades de incremento de resistencia del cemento, elaborado con o sin otros componentes, adiciones de proceso y adiciones funcionales, por molienda conjunta u otro proceso de mezcla.

501.2.2 Requisitos del cemento hidráulico

El cemento hidráulico deberá cumplir alguna de las normas de la Tabla 501 - 1, o los requisitos particulares que establezcan los documentos del proyecto.

Tabla 501 - 1. Especificaciones de cementos hidráulicos

DENOMINACIÓN	NORMA ASTM	TIPO DE REQUISITOS QUE ESTABLECE LA NORMA
Cemento Portland	C150	<ul style="list-style-type: none">- Ingredientes- Proporciones- Composición química- Requisitos físicos- Algunas propiedades de desempeño
Cemento hidráulico adicionado (nota 1)	C595	
Cemento hidráulico especificado por desempeño	C1157	<ul style="list-style-type: none">- Propiedades de desempeño- No hay restricciones sobre la composición del cemento o sus ingredientes.

Nota 1: se excluyen los cementos tipo IS (>70).

501.3 EQUIPO

501.3.1 Vehículos de transporte

El cemento hidráulico podrá ser transportado a granel o en sacos. En ambos casos, los vehículos deberán garantizar que el producto no estará expuesto a humedecimiento, sea por lluvia o por la humedad del ambiente.

Si el cemento se transporta en sacos, los vehículos deberán tener un cobertor adecuado, debidamente asegurado, que impida un eventual vertido de la carga sobre las vías por las que circulan.

501.3.2 Silos de almacenamiento

El almacenamiento que requiera el cemento hidráulico transportado a granel se realizará en silos adecuados para tal fin, los cuales tendrán los aparatos de medida y seguridad necesarios para garantizar su correcto funcionamiento. Así mismo, dispondrán de dispositivos adecuados para la toma de muestras y deberán ser herméticos para evitar el humedecimiento del cemento.

501.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

501.4.1 Aspectos generales

El Constructor deberá suministrar el cemento hidráulico cumpliendo todas las disposiciones legales referentes a las dimensiones y pesos de los vehículos de transporte y al control de la contaminación ambiental de los mismos.

A la llegada de cada vehículo al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante del cemento hidráulico, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, así como los resultados de ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer todas las condiciones establecidas en las especificaciones de la Tabla 501 - 1. Dicha constancia no evitará, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del Interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega. De todas maneras, el Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de cemento hidráulico que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

Se deberán comprobar, con la frecuencia que el Interventor considere pertinente, los sistemas de transporte y trasvase si la entrega es a granel, y las condiciones de almacenamiento, en todo cuanto pueda afectar la calidad del material; el Interventor podrá ordenar la suspensión de la utilización del producto, mientras realiza las comprobaciones que estime convenientes de las características de calidad del cemento hidráulico.

El empleo del cemento hidráulico en la elaboración de las distintas unidades de obra de las que formará parte, se hará conforme lo establece el Artículo correspondiente.

501.4.2 Manejo ambiental

El suministro de cemento hidráulico se realizará teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales.

501.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DEL PRODUCTO

501.5.1 Controles generales

Se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar que en las operaciones de suministro del cemento hidráulico se cumpla la legislación vigente en relación con las materias ambiental, de seguridad industrial, almacenamiento y transporte;
- Verificar el estado y funcionamiento de los equipos de transporte y almacenamiento del cemento hidráulico.

501.5.2 Controles específicos para el recibo y tolerancias

Al respecto, se adelantarán las siguientes actividades:

- Realizar una vez por cada mes de ejecución de las obras y como mínimo tres (3) veces a intervalos convenientemente espaciados si la obra dura menos de tres (3) meses, los ensayos que se consideren necesarios para verificar las características del cemento utilizado en la obra, de aquellos especificados en las normas de la Tabla 501 - 1. La toma de las muestras se deberá hacer siguiendo la norma INV E-301 "Muestreo y cantidad de ensayos del cemento hidráulico" y los ensayos se deberán realizar en un laboratorio certificado. No se admitirá tolerancia alguna en relación con los límites que se establecen en las normas enunciadas en la Tabla 501 - 1 o con los establecidos en la especificación particular del proyecto, si fuese el caso. Por lo tanto, el incumplimiento del resultado de alguno de los ensayos implica el rechazo del producto.
- Efectuar los ensayos necesarios para determinar la cantidad de cemento hidráulico incorporado en las mezclas que el Interventor haya aceptado a satisfacción.

501.6 MEDIDA

El cemento hidráulico se medirá, para efectos de pago, solamente en aquellas unidades de obra en las que los Artículos correspondientes o los documentos del proyecto indiquen que el cemento hidráulico se paga por aparte. En estos casos, la unidad de medida del cemento hidráulico será el kilogramo (kg), aproximado al

kilogramo completo, incorporado en la unidad de obra correspondiente debidamente aceptada por el Interventor.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

Para determinar la cantidad de cemento hidráulico por pagar, se calculará el peso de la mezcla aceptada en su posición final, mediante el producto del volumen aprobado por su densidad media en obra en cada lote y, posteriormente, aplicando a este valor el porcentaje de cemento promedio que resulte de los ensayos realizados sobre muestras representativas del volumen de mezcla aceptada.

501.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al precio unitario del contrato correspondiente, por el cemento hidráulico efectivamente incorporado en las mezclas y recibido a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

501.8 ÍTEM DE PAGO

501.1	Cemento Portland, norma ASTM C150, tipo ____	Kilogramo (kg)
501.10	Cemento hidráulico adicionado, norma ASTM C595, tipo ____	Kilogramo (kg)
501.20	Cemento hidráulico especificado por desempeño, norma ASTM C1137, tipo ____	Kilogramo (kg)

Nota: se debe elaborar un ítem de pago para cada tipo de cemento que se especifique en los documentos del contrato.

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

BASE DE CONCRETO HIDRÁULICO

ARTÍCULO 505 – 13

505.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la elaboración, el transporte, la colocación y el vibrado de una mezcla de concreto hidráulico como capa de base de un pavimento; el acabado, el curado y las demás actividades necesarias para su correcta construcción, de acuerdo con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos del proyecto o ajustados por el Interventor.

505.2 MATERIALES

505.2.1 Concreto

Estará conformado por una mezcla homogénea de cemento con o sin adiciones, agua, agregados fino y grueso y aditivos, cuando estos últimos se requieran, materiales que deberán cumplir los requisitos básicos que se mencionan a continuación.

505.2.1.1 Cemento

El cemento utilizado será hidráulico, de marca aprobada oficialmente, el cual deberá cumplir lo indicado en el Artículo 501 de estas especificaciones. Si los documentos del proyecto o una especificación particular no señalan algo diferente, se empleará cemento hidráulico de uso general: Portland tipo I (norma ASTM C-150); tipo IS o IP (norma ASTM C595); o tipo GU (norma ASTM C1157).

El Constructor deberá presentar los resultados de todos los ensayos físicos y químicos relacionados con el cemento, como parte del diseño de la mezcla.

Si por alguna razón el cemento ha fraguado parcialmente o contiene terrones del producto endurecido, no podrá ser utilizado. Tampoco se permitirá el empleo de cemento extraído de bolsas usadas en jornadas anteriores.

505.2.1.2 Agua

Se considera adecuada el agua que cumpla los requisitos establecidos en el numeral 630.2.3 del Artículo 630.

505.2.1.3 Agregado fino

Se considera como tal, la fracción que pasa el tamiz de 4.75 mm (No. 4). Provenirá de arenas naturales o de la trituration de rocas, gravas, escorias siderúrgicas u otro producto que resulte adecuado, de acuerdo con los documentos del proyecto.

El porcentaje de arena de trituration no podrá constituir más de treinta por ciento (30 %) de la masa del agregado fino.

El agregado fino deberá cumplir con los requisitos de calidad indicados en la Tabla 505 - 1.

Tabla 505 - 1. Requisitos del agregado fino para bases de concreto hidráulico

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo(%)	E-220	10
- Sulfato de sodio		15
- Sulfato de magnesio		
Limpieza (F)		
Índice de plasticidad (%)	E-125 y E-126	NP
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	60
Terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	3
Partículas livianas, máximo (%)	E-221	0.5
Material que pasa el tamiz de 75 µm (No. 200), % máximo.	E-214	3
Contenido de materia orgánica (F)		
Color más oscuro permisible	E-212	Igual a muestra patrón
Características químicas (O)		
Contenido de sulfatos, expresado como SO ₄ ⁼ , máximo (%)	E-233	1.2
Absorción		
Absorción de agua, máximo (%)	E-222	4

Si el agregado fino no cumple el requisito indicado en la Tabla 505 - 1 para el contenido de materia orgánica, se podrá aceptar si al ser ensayado en relación con el efecto de las impurezas orgánicas sobre la resistencia del mortero, se obtiene una resistencia relativa a siete (7) días no menor de noventa y cinco por ciento (95 %), calculada de acuerdo con el procedimiento descrito en la norma ASTM C 87.

505.2.1.4 Agregado grueso

Se considera como tal, la porción del agregado retenida en el tamiz de 4.75 mm (No. 4). Dicho agregado deberá proceder fundamentalmente de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan afectar adversamente la calidad de la mezcla. No se permitirá la utilización de agregado grueso proveniente de escorias de alto horno.

El agregado grueso deberá cumplir, además, los requisitos de calidad señalados en la Tabla 505 - 2.

505.2.1.5 Gradación combinada

La combinación de los agregados grueso y fino, lista para elaborar la mezcla de concreto, deberá satisfacer el requisito granulométrico indicado en la Tabla 505 - 3.

505.2.1.6 Reactividad

Para evaluar la posibilidad de que se presenten expansiones perjudiciales en el concreto debido a la reactividad de los agregados con los álcalis del cemento (reactividad álcali-sílice o álcali-carbonatos), se deberán seguir los lineamientos de las normas ASTM C33 y NTC 174.

Tabla 505 - 2. Requisitos del agregado grueso para bases de concreto hidráulico

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones - 100 revoluciones	E-218	40 8
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	30
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínimo (%)	E-224	50 75
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	10 15
Limpieza (F)		
Terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	3
Partículas livianas, máximo (%)	E-221	0.5
Geometría de las partículas (F)		
Partículas planas y alargadas (relación 5:1), máximo (%)	E-240	10
Características químicas		
Proporción de sulfatos del material combinado, expresado como SO_4^{2-} , máximo (%)	E-233	1.0
Reactividad álcali – agregado grueso y fino: Concentración SiO_2 y reducción de alcalinidad R Nota: ver numeral 505.2.1.6.3	E-234	$\text{SiO}_2 \leq R$ cuando $R \geq 70$ $\text{SiO}_2 \leq 35 + 0.5R$ cuando $R < 70$

505.2.1.6.1 Evaluación de pavimentos en servicio comparables

Para calificar la reactividad potencial, deberá prevalecer, en la mayoría de los casos, la evaluación de pavimentos en servicio que sean comparables; los pavimentos deben haber sido construidos empleando los mismos agregados y el mismo cemento, y deben tener en general al menos 10 años de servicio bajo condiciones de exposición

suficientemente parecidas a las de la nueva estructura que se va a construir.

Tabla 505 - 3. Granulometría del agregado combinado para bases de concreto hidráulico

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)					
	50	25	19	4.75	0.425	0.075
	2"	1"	3/4"	No. 4	No. 40	No. 200
	% PASA					
UNICA	100	55-85	50-80	30-60	10-30	0-15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo ($\pm$)	-	4 %			3 %	2 %

505.2.1.6.2 Inspección petrográfica

La inspección petrográfica para determinar si los agregados contienen sustancias que potencialmente pueden ser perjudicialmente reactivas y en qué cantidades están presentes, se deberá realizar siguiendo las normas ASTM C 295 y NTC 3773.

505.2.1.6.3 Reactividad álcali-sílice

Si el agregado califica como potencialmente reactivo con base en los criterios de la Tabla 505 - 2, no debe ser utilizado en la producción de concretos, a no ser que se demuestre que no es nocivo para el concreto con base en evaluaciones complementarias, como las indicadas en el apéndice de la especificación ASTM C33, en especial las que hacen referencia a las normas ASTM C 227 y C 1260.

Si en la mezcla se emplean arenas provenientes de escorias siderúrgicas, se comprobará que no contengan silicatos inestables ni compuestos ferrosos.

505.2.1.6.4 Reactividad álcali-carbonatos

Los agregados fino y grueso no deberán presentar reactividad potencial de los carbonatos presentes en ellos con los álcalis del cemento. Aunque los agregados que pueden desarrollar potenciales reacciones perjudiciales álcali-carbonatos son poco frecuentes y rara vez hacen parte de los agregados con los cuales se elabora el concreto, si hay sospecha de su existencia se recurrirá a las normas de ensayo ASTM C 586 o ASTM C1105 para calificar su potencial reactivo.

505.2.1.7 Aditivos

Se podrán usar aditivos de reconocida calidad para modificar las propiedades del concreto, con el fin de que sea el más adecuado para las condiciones particulares de la base por construir. Su empleo se deberá definir por medio de ensayos efectuados con antelación a la obra, con las dosificaciones que garanticen el efecto deseado, sin que se perturben las propiedades restantes de la mezcla.

Los aditivos por usar pueden ser los siguientes:

- Incluidores de aire, los cuales deberán cumplir los requerimientos de la especificación ASTM C 260. El agente incluidor de aire deberá ser compatible con cualquier aditivo reductor de agua que se utilice;
- Aditivos químicos, que pueden ser reductores de agua, acelerantes de fraguado y retardantes de fraguado, los cuales deberán cumplir los requerimientos de la especificación ASTM C 494, incluyendo el ensayo de resistencia a la flexión. Los aditivos reductores de agua se deberán incorporar en la mezcla separadamente de los incluidores de aire, de conformidad con las instrucciones del fabricante.

La utilización de acelerantes y retardantes se debe evitar en la medida de lo posible; se podrán utilizar únicamente en casos especiales, previa evaluación por parte del Constructor,

que permita definir las condiciones de empleo de los mismos. El documento con toda la sustentación respectiva, incluyendo los certificados de calidad de los productos propuestos, deberá ser presentado al Interventor para su evaluación y eventual aprobación, sin la cual no se permitirá su uso en el proyecto.

505.2.2 Producto de curado

El curado del concreto en obra para la base de concreto hidráulico se llevará a cabo por medio de un compuesto líquido que forme una película sobre la superficie del concreto. Deberá ser de un color claro para reflejar la luz y deberá permitir la verificación de la homogeneidad del vaciado de la mezcla. El producto deberá cumplir con la especificación ASTM C 309, tipo 2 clase B, o clase A sólo si la base es de parafina.

505.3 EQUIPO

Rige lo que resulte aplicable de lo descrito en el numeral 500.3 del Artículo 500.

505.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

505.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Al respecto, resulta aplicable lo descrito en el numeral 630.4.1 del Artículo 630.

505.4.2 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el Constructor suministrará al Interventor, para su verificación, muestras representativas de los agregados, cemento, agua y eventuales aditivos por utilizar, avaladas por los resultados de ensayos de laboratorio que garanticen la conveniencia de emplearlos en el diseño de la mezcla.

Una vez el Interventor efectúe las comprobaciones que considere necesarias y dé su aprobación a los materiales cuando resulten satisfactorios, de acuerdo con lo que establece la presente especificación, el Constructor diseñará la mezcla mediante algún método reconocido y definirá una fórmula de trabajo, la cual someterá a aprobación del

Interventor. La fórmula de trabajo deberá satisfacer los requisitos definidos en los documentos del proyecto; si los documentos del proyecto no establecen los requisitos, deberá cumplir los indicados en la Tabla 505 - 4.

Tabla 505 - 4. Criterios de diseño de la mezcla para la base de concreto hidráulico

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Resistencia a la compresión a 28 días (MPa)	E-410	5.0 a 8.5
Resistencia a la compresión a 7 días, mínimo (MPa)	E-410	3.5
Contenido de aire, máximo (%)	E-406	3.5
Asentamiento (mm):	E-404	25 a 50 13 a 38
- Formaleta fija		
- Formaleta deslizante		

El requisito sobre resistencia máxima a los veintiocho (28) días se podrá obviar, si se diseñan y construyen juntas en la capa de base de concreto hidráulico

La fórmula señalará:

- El tipo y la marca de cemento;
- Las proporciones en que se deben mezclar los agregados disponibles y la gradación media a que da lugar dicha mezcla, por los tamices correspondientes a la granulometría aceptada, así como la franja de tolerancia dentro de la cual es válida la fórmula propuesta;
- Módulo de finura del agregado fino;
- Las dosificaciones de cemento, agua libre y eventuales aditivos, por metro cúbico (m³) de concreto fresco;
- La consistencia del concreto;
- El contenido de aire (si se ha especificado);

Para cada dosificación ensayada, se controlarán la consistencia (INV E-404), las resistencias a compresión (INV E-410) a siete (7) y a veintiocho (28) días y el contenido de aire incluido (INV E- 406).

Los ensayos de resistencia se llevarán a cabo sobre probetas procedentes de cuatro (4) amasadas diferentes de concreto, confeccionando series de cuatro (4) probetas por amasada. De cada serie se ensayarán dos (2) probetas a siete (7) días y dos (2) a veintiocho (28) días, obteniéndose los valores promedio de cada grupo de resultados.

Se considerará como fórmula de trabajo, una mezcla cuyo valor promedio obtenido a siete (7) días supere la resistencia de diseño con un margen suficiente para que sea razonable esperar que, con la dispersión que introduce la ejecución de la obra, la resistencia característica real de la mezcla también sobrepase la especificada. Al efecto, el Constructor deberá tener en cuenta que la magnitud en que el promedio de resistencia de la mezcla deba exceder la resistencia especificada dependerá de la desviación estándar de la resistencia durante la etapa de producción y de la precisión con la que dicho valor pueda ser estimado a partir de datos históricos sobre mezclas iguales o similares.

El Constructor deberá remitir al Interventor el diseño completo de la mezcla, mostrando las proporciones de los ingredientes y los resultados de la resistencia a compresión del concreto a siete (7) y veintiocho (28) días, así como el módulo de elasticidad (norma de ensayo INV E-424) y la densidad del concreto endurecido (norma de ensayo ASTM C 642). El diseño deberá incluir una copia de todos los formularios de ensayo, incluyendo las fechas de las pruebas, una lista completa de los materiales, indicando tipo, fuente y características especificadas, tipo y resultados de las pruebas físicas y químicas sobre el cemento, el agua y los eventuales aditivos. También, deberá incluir el módulo de finura de la arena y el contenido de aire incluido en la mezcla. El diseño no podrá tener una edad superior a noventa (90) días y la producción industrial de la mezcla no podrá comenzar hasta que el Interventor apruebe por escrito el informe de diseño.

Durante la etapa de producción se deberá reajustar la fórmula de trabajo cada vez que varíe alguno de los siguientes factores:

- El tipo, la clase o la categoría del cemento y/o su marca;
- El tipo, la absorción y/o el tamaño máximo del agregado grueso;
- El tipo de agregado fino o su módulo de finura en más de dos décimas (0.2);

- La naturaleza o la proporción de los aditivos;
- El método de puesta en obra;
- La procedencia del agua;
- Las tolerancias granulométricas indicadas en la Tabla 505 - 6.

505.4.3 Tramo de prueba

Rige lo descrito en el numeral 500.4.3 del Artículo 500.

505.4.4 Preparación de la superficie existente

Rige lo descrito en el numeral 500.4.4 del Artículo 500.

505.4.5 Elaboración de la mezcla

Rige lo descrito en el numeral 500.4.5 del Artículo 500.

505.4.6 Transporte del concreto al sitio de las obras

Rige lo descrito en el numeral 500.4.6 del Artículo 500.

505.4.7 Colocación de formaletas

Rige lo que resulte aplicable de lo descrito en el numeral 500.4.7 del Artículo 500.

505.4.8 Colocación de elementos de guía y acondicionamiento de los caminos de rodadura para pavimentadoras de formaletas deslizantes

Rige lo descrito en el numeral 500.4.8 del Artículo 500.

505.4.9 Colocación del concreto

Rige lo que resulte aplicable de lo descrito en el numeral 500.4.11 del Artículo 500.

505.4.10 Ejecución de juntas

Los documentos del proyecto o el criterio del numeral 505.4.2 podrán hacer necesaria la construcción de juntas en la base de concreto.

Se cuidará que las juntas longitudinales de la base no coincidan en ubicación con las previstas para las losas de la capa de rodadura. El desplazamiento deberá ser, cuando menos, de ciento cincuenta milímetros (150 mm).

En las juntas longitudinales resultantes de colocar una franja de concreto contra otra ya construida, se aplicará al canto de ésta un producto que evite la adhesión del concreto nuevo con el antiguo.

Se tendrá especial cuidado de que el concreto nuevo que se coloque a lo largo de la junta sea homogéneo y quede perfectamente compactado, especialmente cuando la junta sea del tipo machihembrado. Si se observan desperfectos en el borde construido, ellos se deberán corregir antes de aplicar el producto antiadherente.

Las juntas transversales de construcción se dispondrán al fin de la jornada de trabajo o cuando se presente una interrupción que haga temer el comienzo del fraguado.

Las juntas transversales de contracción se ubicarán en posición coincidente con las previstas para las losas del pavimento. Su ejecución se hará en fresco.

505.4.11 Acabado superficial

Después de extendido y compactado, el concreto será sometido a un proceso de acabado superficial para lograr una superficie plana y ajustada a las cotas del proyecto, dentro de las tolerancias permitidas.

El acabado de bases construidas entre formaletas fijas se podrá realizar por medio de herramientas manuales, como el flotador o enrasador. También, se podrán utilizar equipos de terminado que se deslicen sobre las formaletas fijas. La disposición y el movimiento del elemento enrasador serán los adecuados para eliminar las irregularidades superficiales y obtener el perfil, sin superar las tolerancias establecidas.

El acabado de bases construidas con pavimentadoras de formaletas deslizantes deberá ser efectuado por la misma máquina pavimentadora, la cual deberá disponer de los elementos necesarios para ello.

Una vez terminada esta operación y mientras el concreto se encuentre en estado plástico, se comprobará el acabado superficial con una regla de

tres metros colocada paralela o perpendicularmente al eje de la calzada, en cualquier sector de ella que no esté afectado por cambios de pendiente, verificando que las irregularidades no excedan de diez milímetros (10 mm). En el caso de que se presenten diferencias mayores, ellas se deberán eliminar, ya sea agregando concreto fresco que se vibrará y terminará del mismo modo que el resto de la base, o bien eliminando los excesos con los bordes de la llana. Se prohibirá el riego de agua o la extensión de mortero sobre la superficie para facilitar el acabado y corregir irregularidades de la base.

La superficie terminada de la base de concreto hidráulico deberá quedar libre de áreas porosas y de resaltos de mortero y otras proyecciones, y no requerirá ninguna operación especial de texturizado.

505.4.12 Protección del concreto fresco

Rige lo descrito en el numeral 500.4.16 del Artículo 500.

505.4.13 Curado del concreto

Rige lo descrito en el numeral 500.4.17 del Artículo 500.

505.4.14 Remoción de formaletas

Cuando la base se construya entre formaletas fijas, el desformaleteado se efectuará luego de transcurridas dieciséis (16) horas a partir de la colocación del concreto. En cualquier caso, el Interventor podrá aumentar o reducir el tiempo, en función de la consistencia alcanzada por el concreto.

505.4.15 Apertura al tránsito

No se deberá permitir la circulación de ningún tipo de tránsito sobre la base de concreto hidráulico, mientras ésta no haya alcanzado una resistencia a la compresión mínima de 5 MPa (50 kg/cm²).

505.4.16 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la extensión de la mezcla para la construcción de la base de concreto hidráulico, mientras no hayan sido realizadas la nivelación y la comprobación del grado de compactación de la capa precedente.

Los trabajos de construcción de la base de concreto hidráulico se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, si el Constructor garantiza el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel.

El vaciado del concreto se deberá interrumpir siempre que llueva con una intensidad tal que pudiera producir, a juicio del Interventor, el lavado del concreto o la pérdida del acabado de la base.

En zonas calurosas, se deberán extremar las precauciones, con el fin de evitar fisuraciones o desecación superficial. Donde la temperatura ambiente exceda de treinta grados Celsius (30°C), se deberá contemplar el empleo de aditivos retardadores de fraguado y/o el empleo de agua fría en la elaboración de la mezcla. La temperatura de la mezcla no podrá exceder de treinta y ocho grados Celsius (38°C) en el instante de su colocación.

La temperatura de la masa de concreto, durante la operación de vaciado, tampoco podrá ser inferior a cinco grados Celsius (5°C) y se prohibirá la puesta en obra sobre una superficie cuya temperatura sea inferior a cero grados Celsius (0°C) o cuando la temperatura ambiente sea inferior a cuatro grados Celsius (4°C).

505.4.17 Manejo ambiental

Todas las labores requeridas para la construcción de la base de concreto hidráulico se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

Sea que los agregados los explote el Constructor o le sean suministrados por terceros, el Interventor verificará que se encuentran vigentes todas las licencias para su explotación.

Así mismo, se controlará que todos los procesos de preparación de agregados, elaboración, transporte y colocación de la mezcla y el acabado de la base, se realicen cumpliendo cabalmente las normas ambientales vigentes.

Al término de los trabajos de construcción de la base de concreto hidráulico, el Constructor deberá limpiar la superficie y retirar todo

material sobrante o desperdicio y transportarlo y depositarlo apropiadamente en un lugar autorizado por las autoridades ambientales que tengan la jurisdicción respectiva.

Siempre que se deban demoler y reponer tramos de base de concreto hidráulico, los productos de la demolición quedarán de propiedad del Constructor, quien deberá disponer de ellos de manera que no causen afectaciones ambientales ni se genere obligación de ninguna índole al Instituto Nacional de Vías.

505.4.18 Conservación

La base de concreto hidráulico deberá ser mantenida en perfectas condiciones por el Constructor, hasta el instante de colocación de la capa superior, sin que ello implique costo adicional alguno para el Instituto Nacional de Vías.

505.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

505.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción;
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan todos los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación;
- Verificar la correcta aplicación del método de trabajo aprobado en cuanto a la elaboración y el manejo de los agregados, así como en cuanto a la manufactura, transporte, colocación, compactación, ejecución de juntas, acabado y curado de las mezclas de concreto;
- Efectuar los ensayos necesarios para el control de la mezcla;
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y de la mezcla de concreto, durante el período de ejecución de las obras;

- Verificar permanentemente el asentamiento y el contenido de aire de la mezcla, si éste se ha especificado;
- Tomar cotidianamente muestras de la mezcla que se elabore, para determinar su resistencia;
- Tomar núcleos para determinar el espesor de la base, su densidad y su resistencia a la compresión;
- Realizar medidas para levantar perfiles y comprobar la regularidad de la superficie de la base terminada.

Los orificios que dejen los núcleos para determinar el espesor de la base y otros controles a que haya lugar, serán rellenados por el Constructor, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías, con una mezcla de iguales características que la empleada en la construcción de la base, la cual deberá ser correctamente compactada, enrasada y curada.

505.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

505.5.2.1 Calidad del cemento

De cada partida de cemento que llegue a la central de fabricación, sea que esta última sea de propiedad del Constructor o de un proveedor, se realizarán los ensayos descritos en el Artículo 501 y sus resultados deberán ser remitidos al Interventor. Si ellos no son satisfactorios, se rechazarán el cemento y el concreto que se haya elaborado con él.

Además, cada vez que lo considere necesario, el Interventor efectuará u ordenará la ejecución de los ensayos de control que permitan verificar la calidad del cemento.

505.5.2.2 Calidad del agua

Siempre que el Interventor tenga alguna incertidumbre sobre su calidad, ordenará o ejecutará los ensayos relacionados en las Tablas 630 - 5 y 630 - 6 del Artículo 630; sólo la aceptará, si se cumplen los límites establecidos en ellas.

505.5.2.3 Calidad de los agregados

De cada fuente de agregados por utilizar en la producción concreto y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y se ejecutarán los ensayos que permitan verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en los numerales 505.2.1.3 y 505.2.1.4. También, se deberá evaluar su reactividad, según las indicaciones del numeral 505.2.1.6.

Los resultados de todas estas pruebas deberán satisfacer las exigencias de los numerales anteriormente citados. Los agregados que no las cumplan, no podrán ser utilizados en la elaboración de la mezcla de concreto.

Durante la etapa de producción, el Interventor examinará los acopios y ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También ordenará acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto (tal como distinta coloración), segregación; partículas alargadas o aplanadas o plasticidad, y vigilará la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, sea que el Constructor elabore la mezcla o tenga un proveedor que se la suministra, se verificará la calidad de los agregados, mediante la realización de los ensayos que se relacionan en la Tabla 505 - 5, con la frecuencia indicada en ella.

Los resultados de los ensayos deberán satisfacer todos los requisitos establecidos en el presente Artículo; en caso contrario, la mezcla elaborada con los agregados defectuosos será rechazada y tramos vaciados con el concreto cuestionado deberán ser demolidos y contruidos nuevamente, a expensas del Constructor, y a plena satisfacción del Interventor.

La curva granulométrica de cada ensayo individual se deberá ajustar a la franja de tolerancia. La franja de tolerancia se construirá a partir de la granulometría de diseño de la mezcla

(fórmula de trabajo), con los límites fijados en la Tabla 505 - 3.

Tabla 505 - 5. Ensayos de verificación sobre los agregados para bases de concreto hidráulico

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Módulo de finura	E-123	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos - Seco y húmedo	E-224	1 por mes
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos	E-220	1 por mes
Limpieza (F)		
Impurezas en agregado grueso	E-237	1 por semana
Índice de plasticidad	E-125,126	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana
Terrones de arcilla y partículas deleznable	E-211	1 por semana
Partículas livianas.	E-221	1 por semana
Material que pasa el tamiz de 75 µm (No. 200)	E-214	1 por semana
Geometría de las partículas (F)		
Partículas fracturadas mecánicamente	E-227	1 por jornada
Partículas planas y alargadas	E-240	1 por semana

En el caso de que los valores obtenidos excedan la franja de tolerancia definida para la fórmula de trabajo, pero no se salgan de las franjas normativas, el proveedor o el Constructor deberán preparar en laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa. Ella se someterá a todas las pruebas de valoración descritas en el presente Artículo. En el caso que no cumpla todos los requerimientos, el Constructor demolerá, a su costa, las losas cuestionadas y las repondrá, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

505.5.2.4 Calidad de los productos químicos para curado

El Constructor deberá presentar certificaciones periódicas de los fabricantes o de los proveedores de estos productos, que garanticen la calidad y la conveniencia de su utilización, para la revisión y eventual autorización de uso por parte del Interventor.

505.5.2.5 Calidad de la mezcla

De cada elemento de transporte a la obra, se controlará el aspecto del concreto y su temperatura. Cualquier concreto segregado o cuya envuelta no sea homogénea será rechazado por el Interventor, sin tener que recurrir a prueba alguna de laboratorio o de campo para tomar tal determinación.

505.5.2.5.1 Consistencia

Se controlará la consistencia de cada carga transportada, para lo cual se extraerá una muestra en el momento de la colocación del concreto, para someterla al ensayo de asentamiento (INV E-404). El resultado obtenido se deberá ajustar al establecido al definir la fórmula de trabajo, con las tolerancias que muestra la Tabla 505 - 6. Si el asentamiento se encuentra por fuera de los límites de tolerancia o por fuera del rango aceptado en el numeral 505.4.2, se tomará una segunda muestra del mismo camión y se repetirá el ensayo. Si este último se encuentra dentro de los límites y tolerancias especificados, se aceptará el viaje. En caso contrario, se rechazará.

Tabla 505 - 6. Tolerancias en el asentamiento y en el contenido de aire respecto de los definidos en la fórmula de trabajo

CARACTERÍSTICA	CONSTRUCCIÓN	TOLERANCIA
Asentamiento	Formaletas fijas	25 a 50
	Formaletas deslizantes	13 a 38
Contenido de aire, cuando esté especificado	Formaletas fijas	+ 1.8 %
	Formaletas deslizantes	+ 1.8 %

505.5.2.5.2 Contenido de aire

Si en el diseño de la mezcla se ha especificado un contenido de aire, se deberá controlar (norma de ensayo INV E-406) en cada uno de los tres (3) primeros camiones que lleguen a la obra en la jornada de trabajo y en los tres (3) primeros después de cada interrupción, programada o no, durante el curso de dicha jornada. Los resultados se deberán ajustar al valor establecido al definir la fórmula de trabajo, con las tolerancias que muestra la Tabla 505 - 6. Si el resultado de la muestra de algún camión se encuentra por fuera de los límites de tolerancia, se tomará una segunda muestra del mismo camión y se repetirá el ensayo. Si este último se encuentra dentro de la tolerancia especificada, se aceptará el viaje. En caso contrario, se rechazará. Si se rechaza el concreto de los tres (3) camiones consecutivos por este motivo, se suspenderán la producción de la mezcla y la construcción de la base, hasta que se detecten y corrijan las causas de la anomalía.

505.5.2.5.3 Resistencia

Se deberá determinar la resistencia a compresión del concreto (norma de ensayo INV E-410) a siete (7) y veintiocho (28) días.

Se considerará como "lote", que se aceptará o rechazará en bloque, la menor cantidad de base construida con el mismo tipo de mezcla que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- La obra ejecutada en una jornada de trabajo;
- Trescientos cincuenta metros cúbicos (350 m³) de concreto colocado.

De cada lote definido para inspección se moldearán aleatoriamente y de amasadas diferentes, un mínimo de tres (3) muestras. Para proyectos con baja producción diaria de concreto para un tipo

dado de mezcla (menos de 100 m³ por día), se podrá combinar la producción del día con la producción del siguiente o siguientes días del mismo tipo de mezcla hasta completar los 100 m³ de concreto colocado y tratar esa producción como un lote.

Por cada muestra se elaborarán las siguientes probetas:

- Cuatro (4) cilindros, para ensayos de compresión (INV E-410), de los cuales se fallarán dos (2) a siete (7) días y dos (2) a veintiocho (28) días, luego de ser sometidos al curado normalizado.

El promedio de la resistencia de las dos (2) probetas de la misma mezcla y de la misma edad se considera como un ensayo. Los valores de resistencia a siete (7) días se emplearán únicamente para controlar la regularidad de la calidad de la producción del concreto y para dar el tramo al tránsito, mientras que los obtenidos a veintiocho (28) días se emplearán en la comprobación de la resistencia del concreto para su aceptación.

Para algunos proyectos o para algunas partes de un proyecto, se puede requerir que la resistencia especificada para el concreto se obtenga a una edad más temprana, que deberá estar definida en los documentos del proyecto o acordada en obra con el Interventor; en estos casos, se variarán las edades de los ensayos de manera consecuente y los criterios de aceptación se aplicarán a la nueva edad establecida.

Todos los ensayos de resistencia se reportarán con la precisión indicada en las normas de ensayo respectivas, empleando el método de redondeo de la norma de ensayo INV E-823.

505.5.2.5.3.1 Cálculo del porcentaje estimado de la resistencia dentro de los límites de la especificación (PDL)

El cálculo del porcentaje estimado de la resistencia dentro de los límites de la especificación (PDL) se hará según el numeral 107.3.2 del Artículo 107, con base en el promedio de los resultados de resistencia de cada lote, su desviación estándar y su índice de calidad inferior IQI. Las variables de cálculo serán las siguientes:

- Como resultados individuales (V_i) se usarán las resistencias individuales del concreto a compresión ($f_{c,i}$) a la edad de 28 días;
- Como valor medio de la muestra (V_m) se usará la resistencia promedio del concreto a compresión, a una edad de veintiocho (28) días, de la muestra que representa al lote bajo evaluación ($f_{c,m}$);
- Como valor mínimo o límite inferior de la especificación ($V_{\min}$) se usará el valor mínimo de resistencia del concreto a compresión ($f_{c,\min}$);
- Número de ensayos que integran la muestra que representa al lote (n);
- El porcentaje estimado de valores dentro del límite superior de la especificación (PDLS) será 100, puesto que no se define un límite superior para el parámetro evaluado ($V_{\max}$); es decir, para la resistencia del concreto a compresión.

Los documentos del proyecto deberán definir el valor mínimo de resistencia del concreto a compresión ($f_{c,\min}$), valor que puede ser nombrado también como

“resistencia característica a la compresión”. Si los documentos técnicos del proyecto no lo definen expresamente, se calculará el valor mínimo $f_{c,mín}$ como el noventa y tres por ciento (93 %) del valor de resistencia a la compresión señalada en los documentos del proyecto.

505.5.2.5.3.2 Criterio de aceptación de la resistencia a la flexión del concreto

Para la aceptación o rechazo del lote de base de concreto hidráulico, se definen 3 niveles de calidad en función del porcentaje estimado de la resistencia dentro de los límites de la especificación (PDL):

- **Nivel de aceptación a satisfacción:** si el valor de PDL del lote es igual o superior a 90 %, el lote de base de concreto se acepta y se paga al precio unitario del contrato.
- **Nivel de aceptación con sanción:** si el valor de PDL del lote está entre 50 % y 89 %, el lote de base de concreto se podrá aceptar con sanción, consistente en la aplicación de una reducción al precio unitario del contrato para el pago del lote por medio de un factor de ajuste de precio. El factor de ajuste de precio por resistencia FAR (menor que la unidad), que se aplicará al precio unitario del contrato para el pago del lote, se definirá para cada lote mediante la Tabla 505 - 7.
- **Nivel de rechazo:** si el valor de PDL del lote es inferior 50 %, se demolerá el lote de base de concreto objeto de la controversia, a expensas del Constructor, quien la reemplazará a su

costa, con otra de calidad satisfactoria; el producto de la demolición será de su propiedad.

- Eventualmente el Instituto Nacional de Vías puede, por conveniencia para el proyecto, permitir que no se demuela un lote de base rechazada ($PDL < 50 \%$); en este caso, la base rechazada podrá permanecer en el sitio pero será pagada al cincuenta por ciento (50 %) del precio del contrato ($FAR = 0.500$).

Tabla 505 - 7. Factor de ajuste del precio unitario por resistencia (FAR)

PDL, %	FAR FACTOR DE AJUSTE DE PRECIO UNITARIO	PDL, %	FAR FACTOR DE AJUSTE DE PRECIO UNITARIO	PDL, %	FAR FACTOR DE AJUSTE DE PRECIO UNITARIO
90 a 100	1.000	73	0.915	56	0.795
89	0.995	72	0.910	55	0.788
88	0.990	71	0.905	54	0.780
87	0.985	70	0.900	53	0.773
86	0.980	69	0.893	52	0.765
85	0.975	68	0.885	51	0.758
84	0.970	67	0.878	50	0.750
83	0.965	66	0.870	Rechazo	
82	0.960	65	0.863		
81	0.955	64	0.855		
80	0.950	63	0.848		
79	0.945	62	0.840		
78	0.940	61	0.833		
77	0.935	60	0.825		
76	0.930	59	0.818		
75	0.925	58	0.810		
74	0.920	57	0.803		

505.5.2.6 Calidad del producto terminado

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas en los planos del proyecto o modificadas con autorización del Interventor.

La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa construida no podrá ser menor que la indicada en los planos o la determinada por el Interventor.

La cota de cualquier punto de la base curada no deberá variar en más de cinco milímetros (5 mm) de la proyectada. De igual manera, no deberán existir depresiones mayores a diez milímetros (10 mm), cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793; la regla se colocará tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja al azar el Interventor, los cuales no podrán estar afectados por cambios de pendiente. Las áreas donde las depresiones excedan el valor admisible, serán delimitadas por el Interventor y corregidas por el Constructor, a sus expensas, mediante algún procedimiento satisfactorio para aquel, que garantice que no se producirán ni pérdidas de resistencia ni de espesor en el conjunto de la capa.

Además, se deberán efectuar las siguientes verificaciones:

505.5.2.6.1 Espesor de la base

Durante la construcción de la base se deberán nivelar el eje y los bordes de la base cada veinte metros (20 m) a lo largo del eje, tanto sobre la superficie de soporte de la base, como en la superficie de la base de concreto hidráulico, después de su ejecución y curado; estas verificaciones de nivel se deberán realizar exactamente en los mismos puntos. Estas mediciones de niveles se usarán como guía para delimitar zonas cuyo espesor, evaluado como se indica en los párrafos siguientes de este numeral, resulte deficiente, o para determinar la tomar núcleos adicionales, los resultados de la nivelación muestren que existen posibles deficiencias de espesor.

Así mismo, una vez retiradas las formaleas, se realizarán las verificaciones de espesores en los costados de las losas.

La verificación de espesor para aceptación o rechazo se realizará por lotes; se usarán los mismos lotes establecidos para la verificación de la resistencia, numeral 505.5.2.5.3. Cada lote se subdividirá en, al

menos, tres sub-lotes de máximo trescientos cincuenta metros cuadrados (350 m^2) cada uno, debiendo extraerse de cada sub-lote dos (2) testigos cilíndricos o núcleos mediante equipos provistos de brocas rotativas (norma de ensayo INV E-418). Los testigos se extraerán luego de transcurridos quince (15) días desde la colocación del concreto; los espesores de los núcleos se medirán según la norma de ensayo INV E-419.

Los agujeros dejados por los núcleos en la base se deberán rellenar a más tardar al día siguiente del corte, con un concreto apropiado de la misma calidad del concreto de la base o superior, que no se contraiga; antes de su colocación, se deberá aplicar una resina en las paredes del agujero, del tipo V, según la especificación ASTM C-811.

Si el espesor promedio de los dos (2) testigos correspondientes a un sub-lote resulta inferior al espesor teórico de diseño (e_d) en más de diez milímetros (10 mm), el Constructor deberá demoler, retirar y disponer escombros y reconstruir la base a sus expensas, de modo de cumplir todas las exigencias de la presente especificación. Igual procedimiento se seguirá cuando el espesor de un (1) testigo resulte inferior en más de quince milímetros (15 mm) con respecto al teórico del diseño. El material producto de la demolición será de propiedad del Constructor.

Se considerará como espesor promedio del lote (e_m), el promedio de las alturas de los testigos extraídos de él, redondeado al milímetro (mm). Cuando corresponda la demolición de un sector por los motivos expuestos en el párrafo anterior, las alturas de sus testigos no se considerarán en el cálculo del espesor promedio del lote.

Si el espesor promedio del lote es inferior al teórico de diseño en más de dos milímetros (2 mm) y hasta siete milímetros (7 mm), la base, en cuanto hace a

su espesor, se aceptará con descuento por deficiencia de espesor. El descuento se aplicará al lote de la cual se extrajeron los testigos, previa deducción de los sectores donde haya correspondido la demolición y la reconstrucción. El descuento (D), en tanto por uno, por aplicar en el pago por metro cúbico de base de concreto en el lote así afectado (Z), se calculará con la expresión:

$$D = \left(1 - \frac{(e_m + 2)^2}{e_d^2}\right) \quad [505.1]$$

Donde: e_d : Espesor de diseño, mm;

e_m : Espesor promedio del lote, mm.

El factor de ajuste de precio por espesor FAE (menor o igual que la unidad), que se aplicará al precio unitario del contrato para el pago de los lotes correspondientes al lote analizado, será el resultado de restar el descuento D de la unidad.

$$FAE = 1 - D \quad [505.2]$$

Cuando el espesor promedio del lote (e_m) sea inferior al teórico de diseño (e_d) en más de siete milímetros (7 mm), el Constructor deberá demoler, retirar y disponer escombros y reconstruir la base, a sus expensas, de modo de cumplir todas las exigencias de la presente especificación. La base reconstruida se someterá a las mismas valoraciones de calidad especificadas en este Artículo para cualquier tramo de base, para efectos de su aprobación o rechazo.

Si un lote califica para ser demolido, de acuerdo con el párrafo anterior, pero los resultados de alturas de núcleos y mediciones topográficas sugieren que la deficiencia no es generalizada en el lote sino que está concentrada en algún sub-lote, la zona restante podrá ser analizada nuevamente, tratándola como

un lote; en este caso, podrá ser necesario tomar núcleos adicionales para cumplir con el mínimo de 3 sub-lotes dentro de este lote.

Todos los núcleos extraídos para la medida del espesor serán sometidos, sucesivamente, a ensayos de densidad, módulo de elasticidad y resistencia a la compresión..

505.5.2.6.2 Densidad del concreto

A los testigos extraídos de la base terminada se les determinará su densidad, según la norma de ensayo ASTM C 642. Los resultados deberán ser reportados, pero no se emplearán como criterio para aceptación o rechazo de la base construido.

505.6 MEDIDA

La unidad de medida de la base de concreto hidráulico será el metro cúbico (m^3), aproximado al décimo de metro cúbico ($0.1 m^3$), de concreto suministrado, colocado, compactado y terminado, debidamente aceptado por el Interventor, de acuerdo con lo exigido en este Artículo. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

El volumen se determinará multiplicando la longitud real medida a lo largo del eje del proyecto, por el ancho y el espesor mostrados en los documentos del proyecto o ajustados según los cambios ordenados por el Interventor; en aquellos lotes aceptados cuyo espesor promedio resulte inferior al de diseño, el volumen se determinará usando el espesor promedio del lote en lugar del espesor mostrado en los documentos del proyecto. No se medirá, con fines de pago, ningún volumen por fuera de estos límites

505.7 PAGO

El pago se hará al precio unitario del contrato, multiplicado por el factor de ajuste total FAT según se indica a continuación, por toda obra ejecutada de acuerdo con este Artículo y aceptada por el Interventor.

El factor de ajuste total FAT, que se calculará para cada lote individual y que tiene un valor máximo de la unidad (1), será el resultado de multiplicar el factor de ajuste por resistencia FAR, numeral 505.5.2.5.3.2, por el factor de ajuste por espesor FAE, numeral 505.5.2.6.1, determinados para ese lote.

$$FAT = FAR \times FAE$$

[505.3]

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de adquisición, obtención de licencias ambientales, permisos y derechos de explotación o alquiler de las fuentes de materiales y el descapote y la preparación de las zonas por explotar. Deberá cubrir, también, todos los costos de explotación de las fuentes de materiales; la selección, trituración, eventual lavado y clasificación de los materiales pétreos; el suministro, el almacenamiento, los desperdicios, cargues, transportes, descargues y la mezcla de todos los materiales constitutivos de la mezcla de concreto cuya fórmula de trabajo se haya aprobado, incluidos los aditivos; la obtención, el transporte, el suministro y la aplicación del agua requerida para el humedecimiento de la superficie de apoyo de la base; el costo de la definición de la fórmula de trabajo; el suministro, la colocación y el retiro de las formaletas fijas cuando ellas se utilicen; el suministro y la aplicación de los materiales de curado; el transporte del concreto al sitio de los trabajos, su colocación y vibrado; la ejecución de juntas en fresco o por aserrado; el acabado superficial y el curado requerido; las instalaciones provisionales; los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes de materiales; la adecuación paisajística de las fuentes para recuperar las características hidrológicas superficiales al terminar su explotación; el tramo de prueba; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito público durante la realización de las obras y durante el período de curado; la limpieza final del sitio de los trabajos al término satisfactorio de éstos y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá incluir, además, todos los costos correspondientes a administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

La preparación de la superficie existente, salvo el humedecimiento, se considera incluida en el ítem referente a la capa a la cual corresponde dicha superficie y, por lo tanto, no habrá lugar a pago separado por este concepto. Si dicho ítem no está incluido en el contrato, el Constructor deberá incluir el costo de la preparación de la superficie existente dentro del precio unitario de la base de concreto hidráulico.

505.8 ÍTEM DE PAGO

505.1 Base de concreto hidráulico

Metro cúbico (m³)

PAVIMENTO DE ADOQUINES DE CONCRETO

ARTÍCULO 510 – 13

510.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la colocación de una capa de arena, la colocación, la compactación y el confinamiento de adoquines de concreto y el sello del pavimento, de acuerdo con los alineamientos y secciones indicados en los documentos del proyecto o determinados por el Interventor.

510.2 MATERIALES

510.2.1 Adoquines

Los adoquines deberán cumplir los requisitos generales establecidos en la norma NTC 2017, “Adoquines de concreto para pavimentos”, con excepción de los requisitos de calidad, que serán los indicados en la Tabla 510 - 1; estos requisitos de calidad reemplazan a los establecidos en la norma NTC 2017 para resistencia a la flexotracción, absorción de agua y resistencia a la abrasión.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, los adoquines serán rectangulares de 20 cm de largo, 10 cm de ancho y 8 cm de espesor, con separadores y biseles.

Tabla 510 - 1. Requisitos de calidad para adoquines de concreto

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO	
		VALOR PROMEDIO DE 5 ELEMENTOS	VALOR INDIVIDUAL
Resistencia a la compresión a 28 días, mínimo (MPa)	E-426	55	50
Absorción, máximo (%)	E-427	5	7
Resistencia a la abrasión mediante chorro de arena:	E-425	15 cm ³ / 50 cm ²	-
- Coeficiente de pérdida de volumen por abrasión, máximo (cm ³ /cm ²)			
- Pérdida promedio de espesor, máximo (mm)		3	

510.2.2 Arena para la capa de soporte

La arena utilizada para la capa de apoyo de los adoquines, será de origen aluvial, sin trituración, libre de polvo, materia orgánica y otras sustancias objetables. Deberá, además, satisfacer los siguientes requisitos:

510.2.2.1 Granulometría

La arena por emplear se deberá ajustar a la gradación que se indica en la Tabla 510 - 2.

Tabla 510 - 2. Granulometría de la arena para soporte de los adoquines

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.150	0.075
	3/8"	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100	No. 200
	% PASA							
ÚNICA	100	95-100	80-100	50-85	25-60	5-30	0-10	0-1

510.2.2.2 Calidad

La arena para la capa de soporte de los adoquines deberá cumplir los requisitos de calidad especificados en la Tabla 510 - 3.

510.2.3 Arena para sello

La arena utilizada para el sello de las juntas entre los adoquines será de origen aluvial sin trituración, libre de finos plásticos, polvo, materia orgánica y otras sustancias objetables. En la Tabla 510 - 4 se especifica su granulometría.

En cuanto a calidad, la arena para sello deberá cumplir los mismos requisitos establecidos en la Tabla 510 - 3 para la arena de soporte de los adoquines.

Tabla 510 - 3. Requisitos de calidad de la arena para la capa de soporte de los adoquines

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Dureza (O)		
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-245	8
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de sodio, máximo (%)	E-220	7
Geometría de las partículas (F)		
Partículas sub-angulares y sub-redondeadas combinadas, mínimo (%)	E-102	60
Limpieza (F)		
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	NP
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	60

Tabla 510 - 4. Requisitos granulométricos para la arena de sello

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)					
	2.36	1.18	0.6	0.3	0.150	0.075
	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100	No. 200
	% PASA					
ÚNICA	100	90-100	60-90	30-60	5- 30	0-15

510.3 EQUIPO

Básicamente, el equipo necesario para la ejecución de los trabajos consistirá en elementos para el transporte ordenado de los adoquines que impida la alteración de calidad de las piezas, vehículos para el transporte de la arena, una vibrocompactadora de placa y herramientas manuales como rieles, reglas, enrasadoras, palas, llanas, palustres, escobas, cepillos, etc.

Para la instalación se podrán utilizar, también, equipo mecánico adecuado para este propósito.

510.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

510.4.1 Preparación de la superficie existente

La capa de arena de soporte de los adoquines no se extenderá hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan los límites que acepta la especificación correspondiente a dicha unidad de obra, se deberá corregir de acuerdo con lo establecido en ella, a plena satisfacción del Interventor.

510.4.2 Colocación y nivelación de la capa de arena

La arena se colocará seca y en un espesor uniforme tal que, una vez compactado el pavimento, la capa tenga un espesor entre treinta y cuarenta milímetros (30 - 40 mm).

Si la arena ya colocada sufre algún tipo de compactación antes de colocar los adoquines, se someterá a la acción repetida de un rastrillo para devolverle su carácter suelto y se enrasará de nuevo.

La capa de arena se deberá extender coordinadamente con la colocación de los adoquines, de manera que ella no quede expuesta al término de la jornada de trabajo.

510.4.3 Colocación de los adoquines

Los adoquines se colocarán directamente sobre la capa de arena nivelada, al tope unos con otros, de manera que generen juntas que no excedan de tres milímetros (3 mm).

Los adoquines no se nivelarán individualmente, pero sí se podrán ajustar horizontalmente para conservar el alineamiento.

Para zonas en pendiente, la colocación de los adoquines se hará preferiblemente de abajo hacia arriba.

La colocación seguirá un patrón uniforme, el cual se controlará con hilos para asegurar su alineamiento transversal y longitudinal.

El patrón de colocación de los adoquines deberá estar definido en los documentos del proyecto. Si estos no lo definen, se podrán usar las

siguientes guías para su definición en obra; el patrón de colocación que finalmente proponga el Constructor deberá contar con la aprobación del Interventor.

510.4.3.1 Adoquines rectangulares de relación largo/ancho de 2/1

El patrón de colocación será preferiblemente de espina de pescado, dispuesto en cualquier ángulo sobre la superficie, patrón que se seguirá de manera continua, sin necesidad de alterar su rumbo al doblar esquinas o seguir trazados curvos.

Si los adoquines se colocan en hileras, deberán cambiar de orientación para respetar la perpendicularidad a la dirección preferencial de circulación.

510.4.3.2 Adoquines de otras formas

Los adoquines de otras formas se tratarán de colocar en hileras perpendiculares a la dirección preferencial de circulación, pero sin cambiarles el sentido al doblar esquinas o seguir trazados curvos.

510.4.4 Ajustes

Una vez colocados los adoquines que quepan enteros dentro de la zona de trabajo, se colocarán ajustes en las áreas que hayan quedado libres contra las estructuras de drenaje o de confinamiento.

Estos ajustes se harán, preferiblemente, partiendo adoquines en piezas con la forma necesaria. Los ajustes cuya área sea inferior a la cuarta parte del tamaño de un adoquín, se harán después de la compactación final, empleando un mortero compuesto, en volumen, por una (1) parte de cemento, cuatro (4) de arena y poca agua.

510.4.5 Compactación inicial

Una vez terminados los ajustes con piezas partidas, se procederá a la compactación inicial de la capa de adoquines, mediante la pasada de una vibrocompactadora de placa, cuando menos dos (2) veces en direcciones perpendiculares.

El área adoquinada se compactará hasta un metro (1 m) del borde del avance de la obra o de cualquier borde no confinado. Al terminar la jornada de trabajo, los adoquines tendrán que haber recibido, al menos, la compactación inicial, excepto en la franja de un metro (1 m) recién descrita.

Todos los adoquines que resulten partidos durante este proceso, deberán ser extraídos y reemplazados por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

510.4.6 Sello de juntas y compactación final

Inmediatamente después de la compactación inicial, se aplicará la arena de sello sobre la superficie, en una cantidad equivalente a una capa de tres milímetros (3 mm) de espesor y se barrerá repetidamente y en distintas direcciones, con una escoba o cepillo de cerdas largas y duras. En el momento de su aplicación, la arena se deberá encontrar lo suficientemente seca para penetrar con facilidad por las juntas.

Simultáneamente, se aplicará la compactación final, durante la cual cada punto del pavimento deberá recibir al menos cuatro (4) pasadas de la vibrocompactadora de placa, preferiblemente desde distintas direcciones.

Si el Interventor lo considera conveniente, la compactación se completará con el paso de un rodillo neumático o uno liso de rodillos pequeños, con el fin de reducir las deformaciones posteriores del pavimento.

510.4.7 Confinamiento

Los pavimentos de adoquines deberán tener una estructura de confinamiento que impida su desplazamiento lateral a causa del empuje del tránsito vehicular.

Las estructuras de confinamiento deberán rodear completamente el área pavimentada y deberán penetrar, por lo menos, quince centímetros (15 cm) en la capa de base que se encuentre bajo la capa de arena y su nivel superior cubrirá, como mínimo, la mitad del espesor del adoquín después de compactado.

510.4.8 Apertura al tránsito

El tránsito automotor no se permitirá hasta que el pavimento haya recibido la compactación final y esté completamente confinado.

510.4.9 Limitaciones en la ejecución

Ninguna de las operaciones que forman parte de la construcción del pavimento de adoquines de concreto se realizará en momento de lluvia o fundados temores de que esta ocurra. Si la capa de arena que sirve de apoyo a los adoquines ha soportado lluvia o agua de escorrentía, deberá ser levantada y reemplazada por una arena suelta de humedad baja y uniforme.

Si se tenían adoquines colocados sin compactar ni sellar, el Interventor investigará si el agua ha producido erosión de la arena por debajo de las juntas y, en caso de que ello haya sucedido, el Constructor deberá retirar los adoquines y la capa de arena y repetir el trabajo, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Los trabajos de construcción del pavimento de adoquines de concreto se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

510.4.10 Manejo ambiental

Todas las labores para la construcción de pavimentos de adoquines se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales

510.4.11 Conservación

Durante un lapso de cuanto menos dos (2) semanas, se dejará un sobrante de arena esparcido sobre el pavimento terminado, de manera que el tránsito y las posibles lluvias ayuden a acomodar la arena en las juntas.

No se permitirá lavar el pavimento con chorro de agua a presión, ni recién terminada su construcción, ni posteriormente.

510.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

510.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se efectuarán los siguientes controles principales.

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción;
- Comprobar que los materiales cumplan los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación;
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo adoptado y aprobado;
- Realizar medidas para levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie.

510.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

510.5.2.1 Calidad de la arena

De cada procedencia de las arenas empleadas en la capa de soporte y en el sello y para cualquier volumen previsto, el Interventor tomará cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deberán realizar los ensayos que se encuentran indicados en la Tabla 510 - 3.

Durante la etapa de producción, se realizarán las verificaciones periódicas de calidad indicadas en la Tabla 510 - 5.

Además, se deberán adelantar las pruebas adicionales que le permitan al Interventor tener certeza de la calidad de las arenas utilizadas, de acuerdo con las exigencias de la presente especificación.

Los resultados de estas pruebas deberán satisfacer los requisitos indicados en este Artículo o, de lo contrario, el Interventor rechazará aquellos materiales que resulten inadecuados.

Tabla 510 - 5. Verificaciones periódicas sobre las arenas de soporte y sello

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Dureza (O)		
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-245	1 por mes
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Geometría de las partículas (F)		
Partículas sub-angulares y sub-redondeadas combinadas	E-102	1 por jornada
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de sodio	E-220	1 por mes
Limpieza (F)		
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana

510.5.2.2 Calidad de los adoquines

Los adoquines deberán cumplir las condiciones generales (apariencia, forma, dimensiones), que se establecen en la norma NTC 2017 y los requisitos de calidad (resistencia a la compresión, absorción y resistencia a la abrasión) indicados en la Tabla 510 - 1.

El Constructor deberá entregar la certificación expedida por el fabricante donde conste el cumplimiento de los requisitos mencionados en el párrafo anterior. No se aceptará el uso de adoquines que no cuenten esta certificación.

La certificación no evitará la ejecución de ensayos de comprobación por parte del Interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega. Para la comprobación de la calidad de los adoquines, se deberán seguir los lineamientos de la norma NTC 2017 en cuanto al muestreo ya la frecuencia de los ensayos.

510.5.2.3 Calidad del producto terminado

El pavimento terminado deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa construida no podrá ser menor que la indicada en los planos o la determinada por el Interventor.

La cota de cualquier punto del pavimento terminado no deberá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además, la superficie del pavimento terminado no podrá presentar irregularidades mayores de diez milímetros (10 mm), cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793; la regla se colocará tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja al azar el Interventor, los cuales no podrán estar afectados por cambios de pendiente.

510.6 MEDIDA

La unidad de medida del pavimento de adoquines de concreto será el metro cuadrado (m²), aproximado al metro cuadrado completo, de pavimento colocado y terminado de acuerdo con esta especificación y aceptado a satisfacción por el Interventor.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

El área se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje del proyecto por el ancho especificado en los planos u ordenado por el Interventor. No se incluirá en la medida ningún área por fuera de estos límites.

510.7 PAGO

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato y por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de adquisición, obtención de permisos y derechos de explotación o alquiler de las fuentes de materiales, así como los costos de explotación, clasificación, cargues, transportes, descargues, desperdicios, almacenamiento y colocación de la arena conforme lo exige esta especificación.

También, deberá cubrir todos los costos de adquisición de los materiales para elaborar los adoquines, su fabricación, cargues, transportes, descargues, desperdicios, almacenamiento, colocación, elaboración de ajustes y compactación; las instalaciones provisionales, los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes de materiales; la señalización de la vía y el ordenamiento del tránsito durante el período de realización de las obras y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

La preparación de la superficie existente se considera incluida en el ítem referente a la ejecución de la capa a la cual corresponde dicha superficie y, por lo tanto, no habrá lugar a pago separado por dicho concepto. Si dicho ítem no está incluido en el contrato, el Constructor deberá incluir el costo de la preparación de la superficie existente dentro del precio unitario del pavimento de adoquines de concreto.

Además, el precio unitario deberá incluir la administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

Las obras de confinamiento del pavimento de adoquines se ejecutarán y pagarán según el ítem correspondiente contemplado en los documentos del proyecto; en el caso de bordillos de concreto, aplicará lo establecido en el Artículo 672, "Bordillos de Concreto".

510.8 ÍTEM DE PAGO

510.1 Pavimento de adoquines de concreto

Metro cuadrado (m²)

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIA

CAPÍTULO 6 – ESTRUCTURAS Y DRENAJES

ART. 600	EXCAVACIONES VARIAS
ART. 610	RELLENOS PARA ESTRUCTURAS
ART. 620	PILOTES PREFABRICADOS DE CONCRETO
ART. 621	PILOTES PREEXCAVADOS
ART. 622	TABLESTACADOS
ART. 623	ANCLAJES
ART. 630	CONCRETO ESTRUCTURAL
ART. 631	LECHADA PARA DUCTOS DE CONCRETO PREESFORZADO
ART. 632	BARANDAS DE CONCRETO
ART. 640	ACERO DE REFUERZO
ART. 641	ACERO DE PREESFUERZO
ART. 642	APOYOS Y SELLOS PARA JUNTAS DE PUENTES
ART. 650	ESTRUCTURAS DE ACERO
ART. 660	TUBERÍA DE CONCRETO SIMPLE
ART. 661	TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO
ART. 662	TUBERÍA METÁLICA CORRUGADA
ART. 663	TUBERÍA DE PLÁSTICO
ART. 670	DISIPADORES DE ENERGÍA Y SEDIMENTADORES EN GAVIONES DE ALAMBRE DE ACERO ENTRELAZADO O EN CONCRETO CICLÓPEO
ART. 671	CUNETAS REVESTIDAS EN CONCRETO

ART. 672	BORDILLOS EN CONCRETO
ART. 673	SUBDRENES CON GEOTEXTIL Y MATERIAL GRANULAR
ART. 674	DRENES HORIZONTALES EN TALUDES
ART. 680	MUROS DE TIERRA ESTABILIZADA MECÁNICAMENTE CON PANELES DE CONCRETO
ART. 681	GAVIONES DE MALLA DE ALAMBRE DE ACERO ENTRELAZADO
ART. 682	COLCHOGAVIONES DE MALLA DE ALAMBRE DE ACERO ENTRELAZADO
ART. 683	MUROS DE TIERRA ESTABILIZADA MECÁNICAMENTE CON GEOSINTÉTICOS
ART. 690	IMPERMEABILIZACIÓN DE ESTRUCTURAS

EXCAVACIONES VARIAS

ARTÍCULO 600 – 13

600.1 DESCRIPCIÓN

600.1.1 Generalidades

Este trabajo consiste en la excavación necesaria para las fundaciones de las estructuras a las cuales se refiere el presente Artículo, de acuerdo con los alineamientos, pendientes y cotas indicadas en los planos u ordenados por el Interventor. Comprende, además, la construcción de sistemas de apuntalamientos y entibados, encofrados, ataguías y cajones y el sistema de drenaje que fuere necesario para la ejecución de los trabajos de excavación, así como el retiro subsiguiente de encofrados y ataguías. Incluye, también, la remoción, el transporte y la disposición de todo material que se encuentre dentro de los límites de las excavaciones y la limpieza final que sea necesaria para la terminación del trabajo.

No se incluyen en este Artículo las excavaciones contempladas por el Artículo 210, las excavaciones para pilotes pre-excavados, las cuales están comprendidas en el Artículo 621, y cualquier otra excavación considerada en algún otro Artículo de estas especificaciones.

600.1.2 Clasificación

600.1.2.1 Excavaciones varias sin clasificar

Se refiere a los trabajos de excavaciones varias de cualquier material, sin importar su naturaleza ni la presencia de la tabla de agua.

600.1.2.2 Excavaciones varias clasificadas

600.1.2.2.1 Excavaciones varias en roca en seco

Comprenden la excavación del mismo tipo de material descrito en el numeral 210.1.3.2.1 del Artículo 210.

600.1.2.2.2 Excavaciones varias en roca bajo agua

Comprenden toda excavación cubierta por el numeral anterior, donde la presencia permanente de agua sobre el nivel de la excavación dificulte la ejecución de ésta.

600.1.2.2.3 Excavaciones varias en material común en seco

Comprenden la excavación, en seco, de materiales no cubiertos por el numeral 600.1.2.2.1, "Excavaciones varias en roca en seco".

600.1.2.2.4 Excavaciones varias en material común bajo agua

Comprenden toda excavación de los materiales considerados en el numeral anterior, pero donde la presencia permanente de agua sobre el nivel de la excavación dificulte la ejecución de ésta.

600.2 MATERIALES

Los materiales provenientes de las excavaciones varias que sean adecuados y necesarios para la ejecución de rellenos, deberán ser almacenados por el Constructor para aprovecharlos en la construcción de aquellos, según lo determine el Interventor. Dichos materiales no se podrán desechar ni retirar de la zona de la obra para fines distintos a los definidos en los documentos del Contrato, sin la aprobación previa del Interventor.

Los materiales de las excavaciones varias que no sean utilizables, deberán ser dispuestos de acuerdo con lo que establezcan los documentos del proyecto y las instrucciones del Interventor, en zonas de disposición o desecho aprobadas ambientalmente.

600.3 EQUIPO

El Constructor propondrá, para consideración del Interventor, los equipos más apropiados para las operaciones por realizar, de acuerdo con el tipo de material por excavar, los cuales no deberán producir daños innecesarios en vecindades o en la

zona de los trabajos; y deberán garantizar el avance físico según el programa de trabajo, permitiendo el correcto desarrollo de las etapas constructivas siguientes.

600.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

600.4.1 Generalidades

El Constructor deberá notificar al Interventor, con suficiente antelación al comienzo de cualquier excavación, para que se efectúen todas las medidas y levantamientos topográficos necesarios y se fije la localización de la estructura en el terreno original, según el tipo de estructura de que se trate.

Antes de comenzar los trabajos de excavación, se deberán haber completado los trabajos previos de desmonte y limpieza, de conformidad con lo que resulte aplicable de lo especificado en el Artículo 200 de las presentes especificaciones.

Si dentro de los límites de la excavación se encuentran estructuras, cimientos antiguos u otros obstáculos, éstos deberán ser retirados por el Constructor, quien no tendrá derecho a compensación adicional por las dificultades o contratiempos que ocasione la remoción y/o retiro de tales obstrucciones.

Siempre que los trabajos lo requieran, las excavaciones varias deberán comprender labores previas, tales como el desvío de corrientes de agua o la construcción de cauces provisionales u otras que contemplen los planos del proyecto o indique el Interventor.

Los bordes exteriores de las excavaciones deberán delimitarse perfectamente, mediante estacas, jalones y líneas de demarcación de sus contornos. En las proximidades de toda excavación destinada a fundar estructuras o instalar alcantarillas, se colocará a lo menos una estaca de referencia altimétrica. Será de responsabilidad del Constructor conservar en todo momento la estaca de referencia altimétrica hasta la recepción de los trabajos; el Interventor, podrá ordenar la paralización de las excavaciones que no cuenten con esas referencias.

Las excavaciones se deberán adelantar de acuerdo con los planos de construcción. Las cotas de fundación de zapatas indicadas en ellos se consideran aproximadas y, por lo tanto, el Interventor podrá ordenar que

se efectúen todos los cambios que considere necesarios en las dimensiones de la excavación, para obtener una cimentación satisfactoria.

El Constructor deberá tomar todas las precauciones para que la perturbación del suelo contiguo a la excavación sea mínima.

En caso de que al llegar a las cotas de cimentación indicadas en los planos, el material sea inapropiado, el Interventor podrá ordenar una excavación a mayor profundidad a efectos de obtener un material de fundación apropiado o, alternativamente, a excavar a mayor profundidad y rellenar con un material que cumpla requisitos de los denominados adecuados o seleccionados, de acuerdo con el numeral 220.2.1 del Artículo 220, o según lo indiquen los documentos del proyecto.

En el primer caso, se deberá revisar los diseños de la estructura y efectuar las modificaciones que corresponda. En el segundo caso, el material de relleno será tratado conforme lo establece el Artículo 610, "Rellenos para estructuras", de estas especificaciones.

En ambos casos, el Interventor definirá las cotas hasta las cuales se deberá profundizar la excavación.

Para las excavaciones en roca, los procedimientos, tipos y cantidades de explosivos que el Constructor proponga utilizar, deberán contar con la aprobación previa del Interventor, así como la disposición y secuencia de las voladuras, las cuales se deberán proyectar de manera que su efecto sea mínimo por fuera de los taludes proyectados. En la dirección y la ejecución de estos trabajos se deberá emplear personal que tenga amplia experiencia al respecto.

Toda excavación que presente peligro de derrumbes que afecten el ritmo de los trabajos, la seguridad del personal o la estabilidad de las obras o propiedades adyacentes, deberá entibarse de manera satisfactoria para el Interventor. Los entibados deberán ser retirados antes de rellenar las excavaciones.

Si los sistemas de gravedad no son suficientes para mantener drenadas las excavaciones, se deberán instalar y mantener operando motobombas, mangueras, conductos deslizantes y todos los dispositivos necesarios que permitan mantener el agua a un nivel inferior al del fondo de las obras permanentes. Durante el bombeo, se deberá tener la precaución de no

producir socavaciones en partes de las obras o alterar las propiedades de los suelos.

Cualquier daño o perjuicio causado por el desarrollo de los trabajos, en la obra o en propiedades adyacentes, será responsabilidad del Constructor quien deberá reponer, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, los daños y perjuicios causados, a plena satisfacción del Interventor.

600.4.2 Excavaciones para cimentaciones de estructuras de concreto

600.4.2.1 Excavación

Los lugares para cimentaciones se deberán excavar conforme las líneas de pago indicadas en los planos u ordenadas por el Interventor, para permitir la construcción de las mismas a todo su ancho y longitud y dejando un fondo con una superficie plana y horizontal.

Cuando la cimentación se deba asentar sobre una superficie excavada que no sea roca, el Constructor deberá tener especial cuidado para no perturbar el fondo de la excavación, tomando la precaución adicional de no remover el material del fondo de la excavación, en mínimo veinte centímetros (20 cm) (o lo que autorice el Interventor), hasta la cota de cimentación prevista, sino en el instante en que se esté por colocar el cimientto.

En las excavaciones de las fundaciones de estructuras en cajón y pilas, el Constructor podrá adoptar el sistema constructivo que estime conveniente, siempre y cuando cuente con la aprobación del Interventor. Podrá facilitar el procedimiento constructivo con el empleo de islas, plataformas, sistemas neumáticos, aire comprimido, lanzas de agua, equipos de alto rendimiento de origen minero, y cualquier otro sistema autorizado. El empleo de cualquiera de estos sistemas constructivos derivados de las dificultades de la ejecución de obra, no implicará ningún pago adicional al pactado para el precio unitario establecido en esta especificación.

Cuando se encuentre un fondo rocoso, la excavación se deberá ejecutar de tal forma, que la roca sólida quede

expuesta y preparada en lechos horizontales o dentados para recibir el concreto, debiendo ser removidos todos los fragmentos de roca suelta o desintegrada, así como los estratos muy delgados. Las grietas y cavidades que queden expuestas, deberán ser limpiadas y rellenadas con concreto o mortero.

Cuando se usen pilotes para soportar zapatas de estribos o pilas de puentes o viaductos, la excavación de cada fondo se deberá completar antes de iniciar la hincas y ésta deberá finalizar antes de comenzar la fundición de la zapata que se trate. Al terminar la hincas de los pilotes, el Constructor deberá retirar todo el material suelto o desplazado, con el fin de que quede un lecho plano y sólido para recibir el concreto.

600.4.2.2 Ataguías y encofrados

Las ataguías y encofrados que se conformen para la protección de las excavaciones donde se van a construir los cimientos, se deberán llevar a profundidades y alturas apropiadas para que sean seguras y tan impermeables como sea posible, para realizar adecuadamente el trabajo por ejecutar dentro de ellas. Las dimensiones internas de las ataguías y encofrados deberán dejar espacio suficiente para la construcción de formaleas y la inspección de sus partes externas, así como para permitir el bombeo por fuera de aquellos.

Las ataguías y encofrados deberán ser contruidos en tal forma, que protejan el concreto fresco contra cualquier daño que pudiera ocasionarle una creciente repentina y para prevenir cualquier daño debido a la erosión. En las ataguías y encofrados no se deberán dejar maderos o abrazaderas que puedan penetrar en el concreto del cimiento, salvo que el Interventor lo autorice por escrito.

No se permitirá ningún apuntalamiento de ataguías y encofrados que pueda producir esfuerzo, golpe o vibración en la estructura permanente.

Las ataguías y encofrados inclinados o desplazados lateralmente durante el proceso de hincado, deberán ser enderezados, relocalizados o suplementados para obtener el espacio necesario y el lugar apropiado para la cimentación de la estructura.

Al terminar el trabajo de que se trate, el Constructor deberá desmontar y retirar la obra falsa, de tal manera que no ocasione ningún daño al cimiento terminado.

600.4.2.3 Sello de concreto

Cuando, a juicio del Interventor, ocurran circunstancias que no permitan fundir el cimiento en seco, podrá exigir la construcción de un sello de concreto de las dimensiones que sean necesarias. El concreto se deberá cumplir con lo especificado en el Artículo 630 y deberá tener una resistencia mínima a la compresión de 21 MPa a 28 días.

Después de colocado el sello, el agua se extraerá por bombeo, continuándose la ejecución del trabajo en seco.

Cuando se utilicen encofrados de peso considerable con el fin de compensar parcialmente la presión hidrostática que actúa contra la base del sello de concreto, se deberán proveer anclajes especiales, tales como espigos o llaves, para transferir el peso total del encofrado a dicho sello.

Cuando el agua esté sujeta a mareas o corrientes, las paredes del encofrado se deberán perforar a la altura de la marea más baja, para controlar y obtener igual presión hidrostática dentro y fuera del elemento, durante la fundida y el fraguado de los sellos.

600.4.2.4 Conservación de los cauces

A menos que una especificación particular indique algo diferente, no se permitirá ninguna excavación por fuera de los cajones, ataguías, encofrados o tablestacados, ni alterar el lecho natural de las corrientes adyacentes a la estructura, sin el consentimiento del Interventor.

Si se efectúa cualquier excavación o dragado en el sitio de la estructura antes de colocar los caissons, encofrados, ataguías o tablestacados, el Constructor deberá rellenar la zona excavada o dragada, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, una vez colocada la cimentación, hasta la altura natural del terreno o lecho del río, con material aprobado por el Interventor.

En cursos de agua navegables, el Constructor deberá mantener, en todo momento, la profundidad del agua y los gálibos requeridos para el paso del tránsito lacustre o fluvial. También, deberá mantener luces y señales adecuadas durante todo el período de construcción.

Los materiales provenientes de las excavaciones de cimientos o rellenos de ataguías que se depositen en la zona de la corriente de agua, deberán ser retirados por el Constructor, dejando el lecho de la corriente en las mismas condiciones en que se encontraba originalmente.

600.4.3 Excavaciones para alcantarillas

Las excavaciones para alcantarillas se deberán efectuar de conformidad con el alineamiento, dimensiones, pendientes y detalles mostrados en los planos del proyecto y las instrucciones del Interventor.

Cuando se vaya a colocar una alcantarilla por debajo de la línea del terreno original, se deberá excavar una zanja a la profundidad requerida, de acuerdo a los Artículos 660, 661, 662 o 663, según corresponda, conformándose el fondo de la misma de manera que asegure un lecho firme en toda la longitud de la alcantarilla. El ancho de dicha zanja deberá ser el mínimo que permita trabajar a ambos lados de la alcantarilla y compactar debidamente el relleno debajo y alrededor de ella. Las paredes de la zanja deberán quedar lo más verticales que sea posible, desde la cimentación hasta, por lo menos, la clave de la alcantarilla.

Cuando se encuentre roca, ya sea en estratos o en forma suelta, o cualquier otro material que por su dureza no permita conformar un lecho apropiado para colocar la tubería, dicho material deberá ser removido hasta más abajo de la cota de cimentación y reemplazado por un material de subbase granular compactado, en un espesor mínimo de quince centímetros (15 cm). Esta capa se deberá compactar, como mínimo al

noventa y cinco por ciento (95 %) de la densidad máxima obtenida en el ensayo modificado de compactación (norma de ensayo INV E-142), teniendo en cuenta la corrección por presencia de partículas gruesas (norma de ensayo INV E-143), siempre que ella resulte necesaria.

Cuando se presenten materiales suaves, esponjosos o inestables que no permitan una base firme para la cimentación de la alcantarilla, dichos materiales deberán ser removidos en una profundidad igual al ancho de la excavación o la que autorice el Interventor, debiendo ser rellenados posteriormente con un material adecuado, según el numeral 220.2.1 del Artículo 220 o según lo indiquen los documentos del proyecto, el cual se compactará debidamente, para obtener un lecho firme y homogéneo.

600.4.4 Excavaciones para filtros

Las excavaciones para la construcción de filtros se deberán efectuar hasta la profundidad que se requiera y de conformidad con las dimensiones, pendientes y detalles que indiquen los planos del proyecto o determine el Interventor. Las paredes de las excavaciones deberán ser verticales y su fondo deberá ser conformado, a efecto de que quede una superficie firme y uniforme en toda su longitud.

600.4.5 Excavaciones para gaviones, muros de contención de suelo reforzado con geotextil, descoles y zanjas

Las excavaciones para la fundación de gaviones y muros de contención de suelo reforzado con geotextil, así como las necesarias para la construcción de descoles, zanjas y obras similares, se deberán realizar de conformidad con las dimensiones y detalles señalados en los planos o determinados por el Interventor.

600.4.6 Bombeo

En cualquier excavación que lo requiera, el bombeo se deberá hacer de manera que excluya la posibilidad de arrastrar cualquier porción de los materiales colocados. No se permitirá bombear agua durante la colocación del concreto o durante las veinticuatro (24) horas siguientes, salvo que el bombeo se pueda efectuar desde un sumidero apropiado, separado de la obra de concreto por un muro impermeable u otros medios efectivos.

No se deberá iniciar el bombeo para drenar una ataguía o un encofrado sellado, hasta tanto el sello haya fraguado suficientemente para resistir la presión hidrostática y, en ningún caso, antes de siete (7) días o el lapso adicional que autorice el Interventor.

600.4.7 Limpieza final

Al terminar los trabajos de excavación, el Constructor deberá limpiar y conformar las zonas laterales de la misma y las de disposición de sobrantes, de acuerdo con lo que establezca el plan ambiental y las indicaciones del Interventor.

600.4.8 Limitaciones en la ejecución

Las excavaciones varias sólo se llevarán a cabo cuando no haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra y la temperatura ambiente, a la sombra, no sea inferior a dos grados Celsius (2° C).

Los trabajos de excavaciones se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

600.4.9 Manejo ambiental y otras consideraciones

Todas las labores de excavaciones varias se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

Los desvíos provisionales de los cursos de agua no podrán dar lugar a modificaciones permanentes en los lechos de quebradas y ríos. Así mismo, se deberá evitar el represamiento y el empozamiento de agua que puedan originar áreas insalubres causantes de la proliferación de mosquitos y otras plagas.

Todos los materiales removidos de las excavaciones y que no tengan uso previsto en la obra deberán ser cuidadosamente recuperados para evitar que puedan ser arrastrados a cursos de agua, y serán transportados y depositados en lugares apropiados, de la manera prevista en los documentos del proyecto u ordenada por el Interventor.

En cuanto a hallazgos arqueológicos, paleontológicos y de minerales de interés comercial o científico, se seguirá lo dispuesto en el numeral 210.4.6 del Artículo 210.

600.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

600.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Comprobar el estado del equipo de construcción.
- Verificar la eficiencia y la seguridad de los procedimientos de construcción.
- Vigilar el cumplimiento del programa de trabajo.
- Verificar el cumplimiento de las normas ambientales aplicables.
- Verificar el alineamiento, el perfil y las secciones de las áreas excavadas.
- Comprobar la lisura y la firmeza del fondo de las excavaciones.
- Medir los volúmenes de trabajo realizado en acuerdo a la presente especificación.

El Interventor verificará que el Constructor disponga de todos los permisos requeridos para la ejecución de los trabajos.

600.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

El trabajo se dará por terminado cuando el alineamiento, el perfil y la sección de la excavación estén de acuerdo con los planos del proyecto y

las instrucciones del Interventor y éste considere, además, que la conservación de cauces es satisfactoria.

En ningún punto, la excavación realizada podrá variar con respecto a la autorizada por el Interventor en más de tres centímetros (3 cm) en cota, ni en más de cinco centímetros (5 cm) en la localización en planta.

Todas las deficiencias que excedan las tolerancias mencionadas deberán ser corregidas por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, a plena satisfacción del Interventor.

600.6 MEDIDA

La unidad de medida de las excavaciones varias será el metro cúbico (m^3), aproximado a la décima de metro cúbico, de material excavado en su posición original, determinado dentro y hasta las líneas de pago indicadas en los planos y en esta especificación o autorizadas por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No habrá ninguna medida por los sobreanchos que se requieran para colocar encofrados, ni por el material que se haya excavado antes de que se hayan realizado los levantamientos topográficos mencionados en el numeral 600.4.1.

Todas las excavaciones serán medidas por volumen realizado, verificado antes y después de ser ejecutado el trabajo de excavación. El Constructor deberá permitir que el Interventor realice las mediciones y verificaciones que éste considere pertinentes antes de cerrar la excavación; si el Constructor cierra la excavación antes de que el Interventor realice las mediciones y verificaciones, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente éste determine.

En excavaciones para estructuras, alcantarillas y filtros, toda medida se hará con base en caras verticales a partir de los bordes autorizados de la excavación. Las excavaciones efectuadas por fuera de estos límites y los volúmenes adicionales causados por facilidad constructiva, desprendimientos, derrumbes, hundimientos, sedimentaciones o rellenos debidos a causas naturales, descuido o negligencia del Constructor, no se medirán y su corrección correrá por cuenta exclusiva de éste, a plena satisfacción del Interventor.

En caso de que ocurran derrumbes que el Interventor no atribuya a descuido o negligencia del Constructor, ellos se medirán, para efectos de pago, conforme lo establece el Artículo 211, “Remoción de derrumbes”.

La medida de la excavación para la fundación de gaviones, muros de contención de suelo reforzado con geotextil, así como para la ejecución de descoles, zanjas y similares, se hará con base en secciones transversales, tomadas antes y después de realizar el trabajo respectivo. No se incluirán en la medida las excavaciones realizadas por fuera de las líneas definidas en el proyecto o autorizadas por el Interventor.

600.7 FORMA DE PAGO

El trabajo de excavaciones varias se pagará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con el proyecto, la presente especificación y las instrucciones del Interventor, para la respectiva clase de excavación, ejecutada satisfactoriamente y aceptada por éste.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de la excavación, eventual perforación y voladura, remoción, cargue, transporte y descargue de todos los materiales excavados en las zonas de utilización o desecho, así como su correcta disposición en estas últimas. También, deberá cubrir los costos de todas las obras provisionales y complementarias, tales como la construcción de accesos, desvíos de corrientes de agua, construcción de cauces provisionales, trabajos de conservación de cauces; ataguías, encofrados, caissons, tablestacados, andamios, entibados y desagües; y los equipos, bombeos, transportes, mano de obra, explosivos, limpieza final de la zona de construcción y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El Constructor deberá considerar, en relación con los explosivos, todos los costos que implican su adquisición, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control hasta el sitio de utilización.

Si el material excavado es roca, el precio unitario deberá cubrir su eventual almacenamiento para uso posterior, en las cantidades y sitios señalados por el Interventor. De los volúmenes de excavación se descontarán, para fines de pago, aquellos que se empleen en la construcción de rellenos para estructuras, mampostería, muros de contención de suelo reforzado con geotextil, concretos, filtros, subbases, bases y capas de rodadura.

En el caso de que los trabajos afecten una vía en la cual exista tránsito automotor, el precio unitario deberá incluir, además, los costos de señalización preventiva de la vía y el control del tránsito durante la ejecución de los trabajos.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

Los trabajos de desmonte y limpieza previos a la ejecución de las excavaciones, se medirán y pagarán de acuerdo con el Artículo 200, "Desmonte y limpieza".

El sello de concreto para la protección del fondo de la excavación, cuando se requiera, se medirá y pagará de acuerdo con el Artículo 630, "Concreto estructural".

600.8 ÍTEM DE PAGO

Alternativa I – Excavación sin clasificar

600.1.1	Excavaciones varias sin clasificar	Metro cúbico (m ³)
---------	------------------------------------	--------------------------------

Alternativa II– Excavación clasificada

600.2.1	Excavaciones varias en roca en seco	Metro cúbico (m ³)
---------	-------------------------------------	--------------------------------

600.2.2	Excavaciones varias en roca bajo agua	Metro cúbico (m ³)
---------	---------------------------------------	--------------------------------

600.2.3	Excavaciones varias en material común en seco	Metro cúbico (m ³)
---------	---	--------------------------------

600.2.4	Excavaciones varias en material común bajo agua	Metro cúbico (m ³)
---------	---	--------------------------------

RELLENOS PARA ESTRUCTURAS

ARTÍCULO 610 – 13

610.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la colocación en capas, humedecimiento o secamiento, conformación y compactación de los materiales adecuados provenientes de la misma excavación, de los cortes o de otras fuentes, para rellenos a lo largo de estructuras de concreto y alcantarillas, previa la ejecución de las obras de drenaje y subdrenaje contempladas en el proyecto o autorizadas por el Interventor.

Incluye, además, la construcción de capas filtrantes por detrás de los estribos, muros de contención y otras obras de arte, en los sitios y con las dimensiones señalados en los planos del proyecto o indicados por el Interventor, en aquellos casos en los cuales dichas operaciones no formen parte de otra actividad de las presentes especificaciones o de una especificación particular.

610.2 MATERIALES

Los materiales que se empleen en la construcción de rellenos para estructuras deberán provenir de las excavaciones del proyecto, de préstamos laterales o de fuentes aprobadas; estarán libres de sustancias deletéreas, de materia orgánica, raíces y otros elementos perjudiciales; no tendrán características expansivas ni colapsables. Su empleo deberá ser autorizado por el Interventor.

Los documentos del proyecto indicarán los tipos de material por utilizar en las diferentes partes de los rellenos para estructuras. En los siguientes numerales se presentan las características de los materiales típicos que se usan en estos rellenos; los diferentes Artículos, así como las especificaciones particulares, pueden establecer requisitos adicionales o diferentes a los aquí mencionados para cada uno de los tipos de material de relleno.

610.2.1 Suelos

Deberán cumplir los requisitos establecidos en los documentos técnicos del proyecto. Si los documentos del proyecto no establecen estos requisitos, se utilizarán los indicados en la Tabla 610 - 1.

Tabla 610 - 1. Requisitos de los suelos para rellenos de estructuras

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	SUELOS SELECCIONADOS	SUELOS ADECUADOS	SUELOS TOLERABLES
Tamaño máximo, mm	E-123	75	100	150
Porcentaje que pasa el tamiz de 2 mm (No. 10) en masa, máximo	E-123	80	80	-
Porcentaje que pasa el tamiz de 75 µm (No. 200) en masa, máximo	E-123	25	35	35
Contenido de materia orgánica, máximo (%)	E-121	0	1.0	1.0
Límite líquido, máximo (%)	E-125	30	40	40
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-126	10	15	-
CBR de laboratorio, mínimo (%) (Nota 1)	E-148	10	5	3
Expansión en prueba CBR, máximo (%) (Nota 1)	E-148	0.0	2.0	2.0
Índice de colapso, máximo (%) (Nota 2)	E-157	2.0	2.0	2.0
Contenido de sales Solubles, máximo (%)	E-158	0.2	0.2	-

Nota 1. Los valores de CBR y expansión indicados en la Tabla están asociados al grado de compactación mínimo especificado (numeral 610.5.2.2.1); el CBR y la expansión se medirán sobre muestras sometidas previamente a cuatro días de inmersión.

Nota 2. La muestra para el índice de colapso se debe fabricar con la densidad mínima exigida en el numeral 610.5.2.2.1 y con la humedad correspondiente en el lado seco de la curva de compactación.

610.2.2 Recebo

El material de recebo deberá cumplir los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 610 - 2; además, se deberá ajustar a alguna de las granulometrías que se indican en la Tabla 610 - 3.

610.2.3 Materiales granulares tipo SBG o BG

Estos materiales granulares se denominan tipo SBG, por su similitud con el material de subbase granular para tránsito NT1 (Artículo 320) y tipo BG, por su similitud con el material de base granular para tránsito NT1 (Artículo 330). Deberán cumplir los requisitos de calidad que se indican en

la Tabla 610 - 4; además, deberán satisfacer alguna de las granulometrías que se indican en la Tabla 610-5.

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el Constructor deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme y sensiblemente paralela a los límites de la franja, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de un tamiz adyacente y viceversa.

Dentro de la franja elegida, el Constructor propondrá al Interventor una “Fórmula de Trabajo” a la cual se deberá ajustar durante la construcción del relleno, con las tolerancias que se indican en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** 610-5, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada.

Además, la relación entre el porcentaje que pasa el tamiz de 75 μm (No. 200) y el porcentaje que pasa el tamiz de 425 μm (No. 40), no deberá exceder de 2/3 y el tamaño máximo nominal no deberá exceder de 1/3 del espesor de la capa compactada.

Tabla 610 - 2. Requisitos para material de recebo

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO	
Dureza (O)		Recebo tipo 1	Recebo tipo 2
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones (%)	E-218	50	65
Limpieza (F)			
Límite líquido, máximo (%)	E-125	45	45
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	10	12
Contenido de materia orgánica, máximo (%)	E-121	1.0	1.0
Expansión en prueba CBR, máximo (%) <i>Nota 1</i>	E-148	2.0	2.0
Resistencia del material (F)			
CBR de laboratorio, mínimo (%) <i>(Nota 1)</i>	E-148	10	10
Expansión en prueba CBR, máximo (%) <i>Nota 1</i>	E-148	2.0	2.0

Nota 1. Los valores de CBR y expansión indicados en la Tabla están asociados al grado de compactación mínimo especificado (numeral 610.5.2.2.1); el CBR y la expansión se medirán sobre muestras sometidas previamente a cuatro días de inmersión.

Tabla 610 – 3. Franjas granulométricas para material de recebo

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)				
	75	38	25.0	4.75	0.075
	3"	1 1/2 "	1"	No. 4	No. 200
	% PASA				
RE-75	100	-	70-100	30-75	5-30
RE-38	-	100	70-100	30-75	5-30
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	7 %			6 %	3 %

Tabla 610 - 4. Requisitos para materiales granulares tipo SBG o BG

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO	
		TIPO SBG	TIPO BG
Dureza (O)			
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones	E-218	50	40
Durabilidad (O)			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18	12 18
Limpieza (F)			
Límite líquido, máximo (%)	E-125	25	25
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	6	3
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	25	30
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	2	2
Geometría de las Partículas (F)			
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%)	E-230	-	35
Caras fracturadas (una cara), mínimo (%)	E-227	-	50

610.2.4 Material granular filtrante

El material granular filtrante deberá satisfacer los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 610 - 6; además, deberá cumplir con alguna de las granulometrías que se indican en la Tabla 610 – 7.

Tabla 610-5. Franjas granulométricas para materiales granulares tipo SBG o BG

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)									
	50.0	37.5	25.0	20.0	12.5	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
	% PASA									
SBG-50	100	70-95	60-90	-	45-75	40-70	25-55	15-40	6-25	2-15
SBG-38	-	100	75-95	-	55-85	45-75	30-60	20-45	8-30	2-15
SBG-20	-	-	-	100	60-87	50-80	35-65	24-49	8-30	2-15
BG-38	-	100	70-100	-	60-90	45-75	30-60	20-45	10-30	5-15
BG-25	-	-	100	-	70-100	50-80	35-65	20-45	10-30	5-15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %					6 %			3 %

Tabla 610 - 6. Requisitos de los agregados para material granular filtrante

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones (%)	E-218	50
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18
Limpieza (F)		
Límite líquido, máximo (%)	E-125	No plástico
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	No plástico
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	25
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	2

Tabla 610 – 7. Franjas granulométricas para material granular filtrante

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)											
	150	100	75	50	25.0	12.5	9.5	4.75	2.00	0.600	0.150	0.075
	6 "	4"	3"	2 "	1"	1/2 "	3/8 "	No. 4	No. 10	No. 30	No. 100	No. 200
	% PASA											
MF-150	100	90-100	80-100	70-95	60-80	40-70	-	10-20	0	-	-	-
MF-75	-	-	100	-	91-97	-	79-90	66-80	-	0-40	0-8	0-2
MF-50				100	70-90	55-80	-	35-65	25-50	15-30	0-3	0-2

610.2.5 Gravilla

La gravilla de rellenos para estructuras deberá satisfacer los requisitos de calidad se indican en la Tabla 610 - 8; además, deberá cumplir con la granulometría que se indica en la Tabla 610-9.

Tabla 610 - 8. Requisitos para gravilla de rellenos para estructuras

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%)	E-218	50
- 500 revoluciones (%)		
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%)	E-220	12
- Sulfato de sodio		18
- Sulfato de magnesio		
Limpieza (F)		
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	0.25
Partículas livianas, máximo (%)	E-221	1.0
Geometría de las Partículas (F)		
Índice de alargamiento, máximo (%)	E-230	25
Índice de aplanamiento, máximo (%)	E-230	25

Tabla 610-9. Franja granulométrica para gravilla de rellenos para estructuras

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)						
	37.5	25.0	19.0	12.5	9.5	4.75	2.00
	1 ½"	1"	¾"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10
	% PASA						
UNICA	100	70-100	54-100	20-80	0-60	0-25	0

610.2.6 Arena

La arena de rellenos para estructuras deberá satisfacer los requisitos de calidad y gradación que se especifican en la Tabla 610 – 10 y la Tabla 610 – 11, respectivamente.

610.3 EQUIPO

Los equipos para la extensión, el humedecimiento y la compactación de los rellenos para estructuras, deberán ser los apropiados para garantizar la ejecución de los trabajos de acuerdo con los exigencias del presente Artículo.

Tabla 610 – 10. Requisitos para arena de rellenos para estructuras

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%)	E-220	10
- Sulfato de sodio		15
- Sulfato de magnesio		
Limpieza (F)		
Límite líquido, máximo (%)	E-125	-
Índice de plasticidad (%)	E-126	No plástico
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	60
Valor de azul de metileno, máximo	E-235	5
Terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	1
Partículas livianas, máximo (%)	E-221	0.5
Material que pasa el tamiz de 75 μ m (No.200), % máximo	E-214	5
Contenido de materia orgánica (F)		
Color más oscuro permisible	INV E-212	Igual a Muestra patrón

Tabla 610 – 11. Granulometría para arena de rellenos para estructuras

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)						
	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15
	3/8"	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No.50	No.100
	PORCENTAJE QUE PASA (%)						
UNICA	100	95-100	80-100	50-85	25-60	10-30	2-10

610.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

610.4.1 Generalidades

El Constructor deberá notificar al Interventor, con suficiente antelación al comienzo de la ejecución de los rellenos, para que éste realice los trabajos topográficos necesarios y verifique la calidad del suelo de cimentación, las características de los materiales por emplear y los lugares donde ellos serán colocados, sin que ello exima, de alguna manera, la responsabilidad que tiene el Constructor para garantizar la calidad de los trabajos.

Antes de iniciar los trabajos, las obras de concreto o alcantarillas contra las cuales se colocarán los rellenos, deberán contar con la aprobación del Interventor.

Cuando el relleno se vaya a colocar contra una estructura de concreto, sólo se permitirá su colocación después de catorce (14) días de fundido el

concreto, o hasta que la resistencia de éste alcance el doble del valor del esfuerzo de trabajo impuesto por la carga diseño.

Los rellenos estructurales para alcantarillas de tubería podrán ser iniciados inmediatamente después de que el mortero de la junta haya endurecido lo suficiente para que no sufra ningún daño a causa de estos trabajos.

Siempre que el relleno se haya de asentar sobre un terreno en el que existan corrientes de agua superficial o subterránea, previamente se deberán desviar las primeras y captar y conducir las últimas fuera del área donde se vaya a construir el relleno, labores que se efectuarán de acuerdo con los Artículos 600, "Excavaciones Varias" y 673 "Subdrenes con geotextil y material granular", respectivamente.

Todo relleno colocado antes de que lo autorice el Interventor, deberá ser retirado por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

610.4.2 Preparación de la superficie base de los rellenos

El terreno base del relleno deberá estar libre de vegetación, tierra orgánica, materiales de desecho de construcción u otros materiales objetables, y deberá ser preparado de acuerdo con lo señalado en el numeral 220.4.2 del Artículo 220.

610.4.3 Extensión y compactación del material

Los materiales de relleno se extenderán en capas sensiblemente horizontales y de espesor uniforme, el cual deberá ser lo suficientemente reducido para que, con los medios disponibles, se obtenga el grado de compactación exigido.

Cuando el relleno se deba depositar sobre agua, las exigencias de compactación para las capas sólo se aplicarán una vez que se haya obtenido un espesor de un metro (1.0 m) de material relativamente seco.

Los rellenos alrededor de pilas y alcantarillas se deberán depositar simultáneamente a ambos lados de la estructura y aproximadamente a la misma elevación. Los rellenos al respaldo de estribos, muros y otras estructuras se realizarán de manera que no se pongan en peligro la

integridad y la estabilidad de dichas obras, empleando procedimientos propuestos por el Constructor y aprobados por el Interventor.

Cuando no se contemple la colocación de material filtrante al respaldo de la estructura, se deberá colocar grava o roca triturada en las cercanías de los orificios de drenaje, para evitar presiones excesivas y segregación del material de relleno.

Durante la ejecución de los trabajos, la superficie de las diferentes capas deberá tener la pendiente transversal adecuada, que garantice la evacuación de las aguas superficiales sin peligro de erosión.

Una vez extendida la capa, se procederá a su humedecimiento, si es necesario. El contenido óptimo de humedad se determinará en la obra, a la vista de la maquinaria disponible y de los resultados que se obtengan en los ensayos realizados.

En los casos especiales en que la humedad del material sea excesiva para conseguir la compactación prevista, el Constructor deberá tomar las medidas adecuadas, pudiendo proceder a la desecación por aireación o a la adición y mezcla de materiales secos u otras sustancias apropiadas, aceptadas por el Interventor.

Obtenida la humedad apropiada, se procederá a la compactación mecánica de la capa. En áreas inaccesibles a los equipos mecánicos, se autorizará el empleo de compactadores manuales que permitan obtener los mismos niveles de densidad del resto de la capa. La compactación se deberá continuar hasta lograr los niveles de densidad a que se hace mención en el numeral 610.5.2.2.1.

La construcción de los rellenos se deberá hacer con el cuidado necesario para evitar presiones y daños a las estructuras contra las cuales se colocan.

610.4.4 Capas filtrantes

Cuando se contemple la colocación de capas filtrantes detrás de estribos, muros y otras obras de arte, ellas se deberán colocar y compactar antes o simultáneamente con los demás materiales de relleno, tomando la precaución de que éstos no contaminen a aquellos.

610.4.5 Acabado

Al concluir cada jornada de trabajo, la superficie de la última capa deberá estar compactada y bien nivelada, con declive suficiente que permita el escurrimiento de aguas lluvias, sin peligro de erosión.

610.4.6 Limitaciones en la ejecución

Los rellenos para estructuras sólo se llevarán a cabo cuando no haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra y la temperatura ambiente, a la sombra, no sea inferior a dos grados Celsius (2° C).

Los trabajos de rellenos para estructuras se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

610.4.7 Manejo ambiental

Todas las labores de rellenos para estructuras se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

610.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

610.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento del equipo de construcción.
- Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo aceptados.

- Verificar el cumplimiento de las normas ambientales aplicables.
- Comprobar que los materiales cumplan los requisitos de calidad mencionados en el numeral 610.2.
- Realizar medidas para determinar espesores y levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie.
- Verificar la densidad de cada capa compactada. Este control se realizará en el espesor de cada capa realmente construida, de acuerdo con el proceso constructivo aprobado.
- Controlar que la ejecución del relleno contra cualquier parte de una estructura, solamente se comience cuando aquella adquiera la resistencia especificada.
- Medir, para efectos de pago, los volúmenes de relleno y material filtrante colocados en acuerdo a la presente especificación.

610.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

610.5.2.1 Calidad de los materiales

De cada procedencia de los materiales empleados para la construcción de rellenos y para cualquier volumen previsto, se tomarán, como mínimo dos (2) muestras y de cada fracción de ellas se determinarán los parámetros indicados en el numeral 610.2 y sus respectivos sub-numerales 610.2.1, 610.2.2, 610.2.3, 610.2.4, 610.2.5 y 610.2.6, según el tipo de material de relleno. La totalidad de los resultados deberá satisfacer las exigencias indicadas en ellos, so pena del rechazo de los materiales deficientes.

Durante la etapa de producción, el Interventor examinará las descargas de los materiales y ordenará el retiro de aquellas que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado.

Teniendo en cuenta que los volúmenes de rellenos para estructuras suelen ser inferiores a los requeridos para terraplenes, queda a juicio del Interventor el establecimiento de la frecuencia de ejecución de las diversas pruebas de calidad.

610.5.2.2 Calidad del producto terminado

Los taludes terminados no deberán acusar irregularidades a la vista.

La cota de cualquier punto de la subrasante en rellenos para estructuras, no deberá variar más de treinta milímetros (30 mm) de la proyectada, medida verticalmente hacia abajo y, en ningún caso, la cota de subrasante podrá superar la cota del proyecto.

En las obras concluidas no se admitirá ninguna irregularidad que impida el normal escurrimiento de las aguas superficiales.

En adición a lo anterior, se deberán adelantar las siguientes comprobaciones:

610.5.2.2.1 Compactación

Para efectos de la verificación de la compactación de cada una de las capas de relleno para estructuras en suelo, recebo y materiales granulares tipo SBG o BG, se calculará el grado de compactación individual GC_i para cada sitio de ensayo de densidad en el terreno, de acuerdo con lo indicado en el numeral 220.5.2.2.2 del Artículo 220, fórmulas [220.1] o [220.2] según aplique.

Para suelos que clasifican como A-1, A-2-4 o A-3, recebos y suelos granulares tipo SBG o BG, el valor del peso unitario seco máximo se obtendrá según la norma de ensayo INV E-142 y la capa de relleno se acepta si el grado de compactación individual GC_i , calculado para todos los ensayos de densidad en el terreno efectuados en la capa, cumple el siguiente criterio:

$$GC_i \geq 90.0 \%$$

[610.1]

Para suelos que no clasifican como A-1, A-2-4 o A-3, el valor del peso unitario seco máximo se obtendrá según la norma de ensayo INV E-141 y la capa de relleno se acepta si el grado de compactación individual GC_i , calculado para todos los ensayos de densidad en el terreno efectuados en la capa, cumple el siguiente criterio:

$$GC_i \geq 95.0 \%$$

[610.2]

El número de pruebas por ejecutar en cada capa para realizar el control, será definido por el Interventor.

Las capas de relleno que no alcancen las condiciones mínimas de compactación deberán ser escarificadas, homogenizadas, llevadas a la humedad adecuada y compactadas nuevamente hasta obtener el valor de la densidad seca especificada.

La compactación de las capas de material filtrante, gravilla y arena se considerará satisfactoria cuando no haya evidencia visible de consolidación adicional al paso del equipo de compactación aprobado por el Interventor.

610.5.2.2.2 Protección de la superficie del relleno

Al respecto, se aplica el mismo criterio indicado en el numeral 220.5.2.2.4 del Artículo 220, en relación con la protección de la corona de terraplenes.

Todas las irregularidades que excedan las tolerancias, deberán ser corregidas por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

610.6 MEDIDA

La unidad de medida para los volúmenes de rellenos será el metro cúbico (m^3), aproximado al décimo de metro cúbico, de material compactado, aceptado por el Interventor, en su posición final. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

Los volúmenes serán determinados con base en las áreas de las secciones transversales del proyecto localizado, verificadas por el Interventor antes y después de ser ejecutados los trabajos de relleno. Dichas áreas estarán limitadas por las líneas de pago teóricas mostradas en los planos o autorizadas por el Interventor.

No habrá medida ni pago para los rellenos por fuera de las líneas del proyecto o de las establecidas por el Interventor, efectuados por el Constructor, ya sea por negligencia o por conveniencia para la operación de sus equipos.

Tampoco se medirán los rellenos que haga el Constructor en sus caminos de construcción y obras auxiliares que no formen parte del proyecto.

610.7 FORMA DE PAGO

El trabajo de rellenos para estructuras se pagará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada satisfactoriamente de acuerdo con la presente especificación y aceptada por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de construcción o adecuación de las vías de acceso a las fuentes de materiales, la extracción, preparación y suministro de los materiales, así como su cargue, transportes, descargue, almacenamiento, colocación, humedecimiento o secamiento, compactación y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de los rellenos para estructuras de acuerdo con los planos del proyecto, esta especificación y las instrucciones del Interventor.

No se pagará el suministro de materiales de relleno para estructuras que hayan sido obtenidos de las excavaciones de la explanación, canales y préstamos ni de las excavaciones varias del contrato, según los Artículos 210 y 600 de estas especificaciones.

El precio unitario deberá incluir, además, los costos de adecuación de las fuentes de materiales al término de los trabajos para recuperar sus características hidrológicas superficiales, así como los de señalización preventiva de la vía y ordenamiento del tránsito automotor durante el período de ejecución de los trabajos.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

Los costos por concepto de preparación de las superficies sobre las cuales se construirán los rellenos y capas filtrantes, se reconocerán de acuerdo con el Artículo 220, “Terraplenes” o el Artículo 600, “Excavaciones varias”, el que resulte aplicable según las características de la obra que se construye. Si ninguno de estos Artículos forma parte del contrato, los costos de la preparación de la superficie existente deberán quedar incluidos dentro del precio unitario de los rellenos objeto del presente Artículo.

610.8 ÍTEM DE PAGO

610.1	Rellenos para estructuras con suelo	Metro cúbico (m ³)
610.2	Rellenos para estructuras con recebo	Metro cúbico (m ³)
610.3	Rellenos para estructuras con material granular tipo SBG	Metro cúbico (m ³)
610.4	Rellenos para estructuras con material granular tipo BG	Metro cúbico (m ³)
610.5	Rellenos con material filtrante	Metro cúbico (m ³)
610.6	Relleno con gravilla	Metro cúbico (m ³)
610.7	Relleno con arena	Metro cúbico (m ³)

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMA E-5001-2 INVIAS

PILOTES PREFABRICADOS DE CONCRETO

ARTÍCULO 620 – 13

620.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la fabricación, transporte e hincado de pilotes de concreto reforzado, necesarios para la cimentación de pilas o estribos de puentes y otras estructuras, de acuerdo con esta especificación, los planos del proyecto y las instrucciones del Interventor.

620.2 MATERIALES

Los materiales que se utilicen para la fabricación de los pilotes deberán cumplir con los requisitos aplicables de las siguientes especificaciones:

- Para el concreto, en el Artículo 630, “Concreto Estructural”.
- Para el acero de las armaduras, en el Artículo 640, “Acero de refuerzo”.
- Para el acero estructural para puntas, en el Artículo 650, “Estructuras de Acero”.

Los documentos del proyecto deberán definir la clase de concreto para los pilotes; salvo que los documentos del proyecto establezcan valores diferentes, el concreto utilizado en la construcción de los pilotes tendrá una resistencia mínima a la compresión de 28 MPa a 28 días, con una relación agua/cemento máxima de 0.45 y un agregado de tamaño máximo 25 mm.

Cualquier acelerante o aditivo que se use para el concreto deberá estar libre de cloruro de calcio u otras materias corrosivas, y su uso será de responsabilidad del Constructor.

620.3 EQUIPO

Se requieren equipos para la fabricación del concreto, formaletas para la fabricación de los pilotes y equipos apropiados para el transporte, izado e hincado de los pilotes.

620.3.1 Equipo para la preparación del concreto

En relación con el equipo requerido para preparar el concreto, se aplicará lo pertinente del Artículo 630, numeral 630.3.

620.3.2 Formaletas

Las formaletas para la fabricación de los pilotes serán metálicas, con acceso para el vibrado del concreto. Sus láminas deberán ser lo suficientemente robustas para que las caras del pilote queden planas y lisas. Sólo se autorizará el uso de formaletas de madera, si el Constructor demuestra construir en ellas pilotes con las dimensiones y alineamientos exactos y con acabados iguales a los obtenidos con formaletas metálicas.

620.3.3 Martillo de hinca

Los requisitos mínimos para el martillo de hinca se establecen en la Tabla 620 - 1

Tabla 620 -1. Requisitos mínimos para el martillo de hinca de pilotes prefabricados de concreto

TIPO	PESO MÍNIMO (N)	CAÍDA MÁXIMA (m)	ENERGÍA MÍNIMA (N-m)
Neumático, Hidráulico o Vapor	El mayor entre: <ul style="list-style-type: none"> • $\frac{1}{4}$ de peso del pilote • 13,500 	1.5	La mayor entre: <ul style="list-style-type: none"> • 38 veces la carga de diseño en kN. • 3 N-m por kg de masa del pilote
Diesel	El mayor entre: <ul style="list-style-type: none"> • $\frac{1}{4}$ de peso del pilote • 12,500 	2.5 Nota 1	

Nota 1: Se pueden usar martillos Diesel de menor peso o mayor caída, si un análisis efectuado mediante la ecuación de onda indica que la combinación del peso del martillo, caída y amortiguamiento no genera esfuerzos excesivos en el pilote.

Para determinar el cumplimiento inicial de los requerimientos de la Tabla 620 - 1, la altura de caída de los martillos de acción sencilla debe ser 2.1 m; para los martillos de acción doble, la calificación de la energía se hará sobre el 85 % de la reportada por el fabricante.

Se pueden usar martillos que produzcan menor energía de la requerida en la Tabla 620 – 1, siempre y cuando un análisis efectuado con la ecuación

de onda indique que el martillo puede hincar el pilote hasta la profundidad especificada y alcanzar una resistencia de, al menos, 3 veces la carga de diseño, con una tasa de penetración superior a 2.5 mm por golpe.

Los martillos, amortiguadores, cabezas de hincado, guías y otros aditamentos, deberán ser sometidos a la aprobación previa del Interventor. Una vez aceptado el sistema de hincado, el Constructor no podrá modificarlo sin la autorización de aquél.

La aprobación del equipo de hincado por parte del Interventor no exonera al Constructor de su responsabilidad en el hincado de los pilotes, libres de averías, a la capacidad de soporte y profundidad de punta indicadas en los planos o especificadas en las disposiciones especiales del proyecto.

620.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

620.4.1 Procedimiento constructivo

Con suficiente anticipación a la iniciación de los trabajos, el Constructor debe presentar para aprobación del Interventor el procedimiento constructivo, que debe ser elaborado por un ingeniero geotécnico con experiencia en este tipo de trabajos. El informe debe contemplar, al menos, los siguientes aspectos:

- Lista completa del equipo
- Disposición y manejo del patio de fabricación de los pilotes
- Procedimiento de fabricación
- Procedimiento de cargue, transporte e izado, y verificación de la capacidad del pilote para resistir los esfuerzos que se generan con estas operaciones
- Método de hincado
- Características del martillo, con sus respectivos soportes, acompañado del análisis del cumplimiento de los requisitos establecidos para el mismo en esta especificación

- Verificación de la capacidad del martillo para el cumplimiento de los requisitos del proyecto en cuanto a capacidad de carga, profundidad y penetración en el estrato portante
- Verificación de la conservación de las características del pilote en el proceso de hincia
- Criterio de rechazo
- Programa de ejecución
- Programa de control de calidad

El Constructor no podrá iniciar la construcción de pilotes prefabricados mientras el procedimiento constructivo no haya sido aprobado por el Interventor. Tal aprobación no lo exime de la responsabilidad por los resultados obtenidos.

620.4.2 Fabricación de los pilotes de concreto

620.4.2.1 Generalidades

La fabricación de los pilotes se hará de acuerdo con las partes pertinentes de los Artículos 630, "Concreto Estructural", 640 "Acero de Refuerzo" y 650 "Estructuras de Acero". Los materiales y procedimientos usados en la fabricación de los pilotes deberán ser previamente aprobados por el Interventor y estarán sujetos a su inspección durante la ejecución de los trabajos; deberán permitir la producción de una manera ordenada, que garantice la obtención de un producto de características uniformes, de acuerdo con los diseños y dentro de las especificaciones. La consolidación del concreto se hará por vibración.

La zona de fabricación deberá ser adecuada para el buen desarrollo de todas las operaciones, perfectamente lisa y plana. Adicionalmente, se comprobará que en el terreno no se producirán asentamientos que generen esfuerzos indeseados en los elementos prefabricados, durante y después de su endurecimiento, ni deformaciones geométricas más allá de las tolerables.

El Interventor podrá exigir todos los cambios que considere necesarios para cumplir con estos preceptos.

620.4.2.2 Fabricación de los pilotes

Solamente se autorizará la colocación del concreto, cuando el Interventor haya comprobado la exactitud en las dimensiones de las formaletas y la correcta colocación del acero de refuerzo, con un recubrimiento mínimo según los planos del proyecto, pero no menor a cinco centímetros (5 cm).

El vaciado del concreto para cada pilote deberá ser continuo desde el inicio hasta su terminación; debiendo iniciarse en la cabeza del pilote y continuar hacia la punta. El concreto deberá ser vibrado, con procedimientos adecuados que no produzcan segregación de los agregados ni desplacen el acero de refuerzo o las formaletas. Al terminar la fabricación de cada pilote, se deberán marcar, cerca de la cabeza, el número de identificación, la fecha de fabricación, la fecha de pretensado (si aplica), su longitud y los puntos de izada. Cualquier uso de acelerantes requerirá la autorización previa del Interventor.

En la fabricación de pilotes se tendrá en cuenta que éstos deberán ser capaces de soportar las operaciones de transporte, manejo e hincia de forma que no se produzcan roturas ni fisuras mayores de quince centésimas de milímetro (0,15 mm). No deberán tener una flecha, producida por peso propio, mayor de tres milésimas partes (0,003) de su longitud, ni pandeos locales superiores a un centímetro por metro (1 cm/m) de longitud de éste.

620.4.2.3 Curado

El curado del concreto se extenderá por un período mínimo de siete (7) días, a no ser que el Constructor pueda aplicar procedimientos que permitan acortar ese tiempo.

620.4.2.4 Manejo

El manejo de los pilotes durante la remoción de formaletas, curado, transporte y almacenamiento deberá ser tal, que no produzca sino esfuerzos mínimos en el concreto, principalmente los de flexión, y evite fisuras, roturas, descascaramiento u otros daños, principalmente con pilotes que vayan a ser expuestos a agua salada o con sulfatos, para que sus materiales no sean sometidos a ellos.

El transporte de los pilotes desde el sitio de fabricación, solamente se podrá efectuar cuando el concreto haya alcanzado por lo menos un ochenta por ciento (80 %) de la resistencia mínima a compresión especificada para los veintiocho (28) días.

Al izar un pilote para cualquier operación de manejo, éste deberá quedar suspendido en no menos de dos puntos, según las instrucciones de los planos del proyecto, de tal manera que no se comprometa su integridad estructural, ni se causen excesivas tensiones en el elemento. El izado se suspenderá siempre que la velocidad del viento supere 50 km/h.

Los pilotes sólo podrán ser hincados luego de veintiocho (28) días de su fabricación.

En el caso de que un pilote resultara dañado por cualquier procedimiento inadecuado durante su manejo, será rechazado para hinca.

620.4.3 Instalación de los pilotes**620.4.3.1 Hincado**

El Constructor deberá ejecutar los pilotajes bajo la dirección o asesoría permanente de un especialista en esta clase de trabajo.

Las excavaciones para fundaciones en las cuales se contemplen pilotes prefabricados, deberán ser terminadas antes que se inicie el hincado del pilote.

Durante las operaciones de hincado, el Constructor sólo deberá usar los métodos previamente aprobados. En caso de que se requiera cualquier variación en el método, será indispensable la aprobación escrita del Interventor.

El hincado de pilotes a través de terraplenes recientemente contruidos se hará mediante agujeros taladrados o punzonados a través del terraplén, cuando su altura sea superior a un metro y medio (1.50 m). Los agujeros deberán tener una dimensión no inferior a la mayor sección transversal del pilote más quince centímetros (15 cm). Una vez hincado el pilote, se deberá rellenar el espacio en derredor hasta el nivel de la superficie, empleando arena o gravilla. El material resultante de los agujeros deberá ser dispuesto en lugar aprobado por el Interventor.

Los pilotes se deberán hincar hasta alcanzar la cota de punta y capacidad mínima de carga indicados en los documentos del proyecto. Se deberá verificar la capacidad de carga de los pilotes a partir de los conteos de golpes durante la hinca, empleando algún método debidamente reconocido.

El hincado se deberá hacer en operación continua hasta alcanzar la penetración final. Cuando la operación de hincado tenga que ser interrumpida, no se empezará a medir la penetración por golpe sino después de un (1) minuto de reiniciar la operación.

Los pilotes se deberán hincar en los sitios exactos y con las inclinaciones indicadas en los planos o modificadas por el Interventor; y se deberán asegurar contra cualquier desplazamiento o movimiento lateral, mediante el uso de guías u otro sistema aceptado por el Interventor.

Después del hincado, se demolerán las cabezas de los pilotes, hasta dejarlas al nivel especificado y, en todo caso, en una longitud suficiente para sanear todo el concreto que pueda haber quedado resentido por el golpeo del martillo. La demolición se hará con cuidado, para no dañar el concreto restante.

El Constructor deberá llevar un registro completo del hincado de cada pilote con la siguiente información básica:

- Dimensiones del pilote.
- Número y localización del pilote.
- Tipo y tamaño del martinete.
- Tipo y dimensiones del bloque para protección de la cabeza del pilote.
- Número de golpes por minuto efectuados por el martillo.
- Número de golpes por pie de penetración.
- Número de golpes por pulgada para el último pie de penetración.
- Elevación final de la punta del pilote.
- Todos los demás datos que el Interventor haya solicitado.

Si los documentos del proyecto así lo contemplan, se podrá utilizar lanza de agua, en los casos en que sea difícil alcanzar la profundidad de hinca fijada en los planos por tener que atravesar capas de suelos granulares densos. Esta inyección de agua se aplicará a una presión inferior a un megapascal (1 MPa), durante la hinca. La lanza de agua deberá emplearse tan sólo con autorización del Interventor y se aplicará con presiones y caudales no excesivos, para evitar daños en construcciones o pavimentos vecinos.

El empleo de la lanza de agua se suspenderá cuatro metros (4 m) por encima de la profundidad prevista para la terminación de la hinca, o la profundidad que se indique en los documentos del proyecto; la hinca debe acabarse siempre por el procedimiento ordinario. También se suspenderá, si el pilote se empieza a torcer, por producirse una perturbación excesiva del terreno.

En el caso de hincas de grupos cerrados de pilotes, se comenzará hincando las filas centrales; siguiendo después hacia las exteriores.

En el caso de pilotes compuestos por varias secciones que se vayan empalmando a medida que se hincan, la resistencia del pilote no se considerará superior a la resistencia de la junta de empalme, la cual estará dispuesta de modo que asegure una perfecta alineación entre las diversas secciones.

620.4.3.2 Extensión

Se determinará en el terreno la longitud final requerida de los pilotes, con base en las cotas mínimas a que deban llegar, según lo indiquen los planos y de acuerdo con la información obtenida durante el hincado. Si los pilotes no soportan la respectiva carga de diseño, se deberán extender con secciones prefabricadas o fundidas en sitio, como se indica a continuación.

El concreto de la parte superior del pilote se deberá remover, dejando expuestas las varillas longitudinales en un tramo de cuarenta (40) diámetros. El corte final del concreto deberá ser perpendicular al eje del pilote. Si la extensión se hace con una sección de pilote prefabricada, ésta se deberá preparar de la misma manera. Si la extensión se funde totalmente en el sitio, el acero de refuerzo de ella se colocará sobre el extremo recortado del pilote hincado.

Los traslapes del refuerzo serán soldados en una longitud no inferior a treinta (30) diámetros de las varillas, o la que se indique en los planos del proyecto. Las formaletas para la extensión no deberán permitir filtraciones de la mezcla y deberán estar dispuestas en tal forma, que la extensión quede perfectamente centrada y alineada con el pilote hincado. El concreto empleado para la extensión deberá ser de la misma calidad que el usado en el pilote. No se quitarán las formaletas antes de siete (7) días, ni se proseguirá con la hincas antes de los veintiocho (28) días después de haber vaciado el concreto para la extensión. Si el Interventor acepta el uso de acelerantes, determinará el tiempo necesario para proseguir con la operación de hincado.

620.4.3.3 Recortes

Después de haber terminado el hincado, los pilotes permanentes deberán ser recortados al nivel especificado en los planos y, en todo caso, en la longitud suficiente para sanear todo el concreto que pueda haber quedado resentido por el golpeo del martillo. El recorte se hará con cuidado, para no afectar el concreto restante. Las fracciones de pilotes recortadas se deberán conservar y, cuando el Interventor lo indique, se podrán usar para alargar pilotes, haciendo el respectivo empalme. Al terminar todo el trabajo de hincado de los pilotes, los recortes hechos y los pilotes sobrantes deberán ser guardados cuidadosamente en el lugar de la obra o en uno adyacente a ella, para uso posterior, si es necesario. El Constructor debe retirar, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, todos los aditamentos que hayan sido necesarios para la hincado.

620.4.3.4 Gráficas de hincado

El Constructor deberá elaborar y entregar al Interventor, para uso en la evaluación de la capacidad de carga de los pilotes, gráficas de hincado de un pilote permanente hincado en cada cimentación, además de las que debe elaborar para los pilotes de prueba. El Interventor indicará los pilotes para los cuales se deben hacer las gráficas.

620.4.3.5 Pilotes defectuosos

Los pilotes que resulten defectuosos por deterioro durante la hincado o por desviaciones en su posición en exceso de las tolerancias permitidas, no serán aceptados.

El Constructor deberá ejecutar, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, las verificaciones técnicas, los diseños y las obras que se requieran para corregir los pilotes defectuosos y reforzar las estructuras que se apoyen en ellos, de manera que se conserven las condiciones de resistencia, seguridad y funcionalidad del diseño original.

Las modificaciones propuestas por el Constructor deben ser aprobadas por el Interventor.

620.4.3.5.1 Pilotes deteriorados

Los pilotes que se hayan roto o debilitado de alguna forma durante la hinca, afectando su resistencia o durabilidad, no serán aceptados. Ellos deberán ser extraídos completamente y sustituidos por otros hincados en el mismo lugar.

Si ello no es posible o si el Constructor lo considera más conveniente, los pilotes defectuosos podrán ser sustituidos por pilotes hincados en sus proximidades; en este caso el Constructor debe proponer la sustitución mediante un informe técnico elaborado por un especialista estructural con el diseño de la sustitución, que debe incluir el diseño de los nuevos pilotes y la verificación de todo el sistema de cimentación, con los ajustes y refuerzos que se requieran en la misma debido al cambio en las condiciones de apoyo.

Siempre que haya duda sobre la integridad de un pilote, el Interventor podrá solicitar pruebas adicionales para determinar su estado, tales como pruebas de carga y pruebas de integridad de pilotes; de acuerdo a los resultados de estas pruebas, el Interventor indicará las medidas por tomar para solucionar el problema.

620.4.3.5.2 Pilotes fuera de posición

En el caso de pilotes hincados con desviaciones en posición o inclinación fuera de tolerancias, el Constructor ejecutará las verificaciones, diseños y obras de corrección y ajuste como en el caso de los pilotes deteriorados.

No se requerirá la sustitución de los pilotes con desviaciones en su posición, si el resultado de las verificaciones técnicas efectuadas por el Constructor y aprobadas por el Interventor indica que la integridad de la cimentación se puede restablecer

adecuadamente con un reforzamiento de los demás elementos de la cimentación.

620.4.3.6 Pilotes de prueba

Los pilotes de prueba y los pilotes utilizados para pruebas de carga estática, cuando se indique en los documentos del proyecto, deberán ser suministrados en las longitudes ordenadas e hincados en los sitios y niveles indicados por el Interventor, antes de ordenar el hincado de los pilotes definitivos.

El equipo de hincado y el procedimiento de ejecución que se utilice para los pilotes de prueba deberán ser idénticos los que el Constructor proponga utilizar para hincar los pilotes definitivos.

A menos que el Interventor autorice algo diferente, el Constructor deberá excavar el terreno hasta el fondo proyectado de la zapata o cabezal, en cada sitio de prueba, antes de comenzar el hincado del pilote.

Los pilotes de prueba se deberán hincar con el número de golpes de martillo establecido a la elevación de punta estimada. Los pilotes que no obtengan el número especificado de golpes a una profundidad de treinta centímetros (30 cm) por encima de la elevación de punta estimada, indicada en los documentos del proyecto, se deberán dejar reposar por un período de doce (12) a veinticuatro (24) horas, antes de hincarse de nuevo.

Siempre que sea posible, se deberá calentar el martillo antes de reiniciar el hincado, aplicando un mínimo de veinte (20) golpes a otro pilote. Si no se obtiene el número de golpes especificado, el Interventor podrá ordenar al Constructor hincar parte o la totalidad del pilote de prueba o repetir el procedimiento de hincado, con intervalos de reposo.

Cuando lo ordene el Interventor, los pilotes de prueba hincados a nivel de proyecto que no tengan el número de golpes especificado, deberán ser empalmados e hincados, hasta obtener la capacidad de soporte requerida.

620.4.3.7 Seguridad

Los trabajos de hinca y recorte de pilotes involucran riesgos de operación que deben ser adecuadamente considerados por el Constructor. El personal que emplee para ello deberá acreditar experiencia en este tipo de faena y utilizar los elementos de seguridad adecuados para ella. El Interventor ordenará la suspensión de los trabajos si detecta que el Constructor descuida estas precauciones.

620.4.4 Manejo ambiental

Todas las labores de pilotes prefabricados de concreto se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

620.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

620.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Comprobar permanentemente el estado de funcionamiento del equipo de construcción.
- Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo aprobados.
- Comprobar que los materiales cumplen los requisitos de calidad exigidos en el numeral 620.2.
- Verificar el cumplimiento de las normas ambientales requeridas.

Adicionalmente, el Interventor, en particular, adelantará los siguientes controles principales:

- Exigir la presentación de los planos de trabajo por parte del Constructor
- Verificar que el Constructor emplee el equipo aprobado.

- Exigir al Constructor la adopción de medidas para garantizar la protección de las estructuras vecinas a la zona de trabajo.
- Ordenar las pruebas necesarias para comprobar la capacidad de carga de los pilotes y efectuar las determinaciones pertinentes.
- Medir, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas por el Constructor, en acuerdo a la presente especificación.

620.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**620.5.2.1 Calidad de los ingredientes de la mezcla y de los productos de curado**

En relación con la calidad del cemento, agua, agregados y eventuales aditivos y productos químicos de curado, se aplicarán los criterios expuestos en los numerales 630.5.2.1, 630.5.2.2, 630.5.2.3 y 630.5.2.4, respectivamente, del Artículo 630, "Concreto estructural".

620.5.2.2 Calidad de la mezcla**620.5.2.2.1 Dosificación**

Al respecto, se aplica el criterio indicado en el numeral 630.5.2.5.1 del Artículo 630.

620.5.2.2.2 Consistencia

En relación con la consistencia de la mezcla, resulta aplicable el criterio expuesto en el numeral 630.5.2.5.2 del Artículo 630.

620.5.2.2.3 Resistencia

Por cada grupo de diez (10) pilotes prefabricados o por cada día de trabajo, según determine el Interventor, se tomarán al azar dos (2) o tres (3) muestras de la mezcla, según el procedimiento descrito en la norma de ensayo INV E-401. Con dichas muestras se elaborarán y curarán cilindros, conforme se establece en la norma de ensayo INV E-

402, los cuales se romperán por compresión simple a los veintiocho (28) días, según la norma INV E-410.

El promedio de las resistencias de estos dos (2) o tres (3) cilindros, elaborados y rotos simultáneamente, se tomará como el resultado de un ensayo. La resistencia del concreto se considerará satisfactoria, si ningún ensayo presenta una resistencia a compresión inferior a la especificada en más de tres punto cinco megapascuales (3.5 MPa) y, simultáneamente, el promedio de tres (3) ensayos consecutivos iguala o excede la resistencia de diseño especificada en los planos.

Si una o ambas exigencias se incumplen, el Interventor revisará los pilotes vaciados con el concreto representado por dichas mezclas, para detectar las zonas más débiles y requerirá que el Constructor, a su costa, tome núcleos de dichas zonas, de acuerdo con la norma INV E-418.

Se deberán tomar, al menos, tres (3) núcleos por cada resultado de ensayo inconforme. Los núcleos se sumergirán en agua por cuarenta y ocho (48) horas y se fallarán a continuación.

La resistencia del concreto de los pilotes representados por los núcleos se considerará aceptable, si el promedio de resistencia de los tres (3) núcleos, corregida por esbeltez, es al menos igual al ochenta y cinco por ciento (85 %) de la resistencia especificada en los planos, siempre y cuando ningún núcleo tenga menos del setenta y cinco por ciento (75 %) de dicha resistencia.

620.5.2.3 Refuerzo

No se aceptará ninguna tolerancia en relación con la calidad del acero, establecida en el numeral 640.2 del Artículo 640. En relación con la colocación de la armadura, se aceptarán

las tolerancias indicadas en el numeral 640.5.2 del mismo Artículo.

620.5.2.4 Aceptación de pilotes para el hincado

Los pilotes prefabricados solamente serán aceptados para el hincado, si cumplen con las dimensiones del diseño, con estas especificaciones y con las especificaciones particulares del contrato, si las hay. Sus superficies deberán ser lisas, uniformes, libres de bordes salientes, hormigueros u otros defectos.

Los pilotes que presenten desperfectos superficiales, deformaciones, deficiencias en dimensiones, grietas, o señales de haber sido averiados durante su manejo, podrán ser rechazados por el Interventor.

620.5.2.5 Pruebas de carga

Cuando los documentos del proyecto lo contemplen o, a juicio del Interventor, haya necesidad de comprobar la capacidad de los pilotes, se efectuarán ensayos de carga. Los tipos de prueba serán los establecidos en los documentos del proyecto o los señalados por el Interventor; se utilizará el procedimiento que corresponda de los establecidos en las normas indicadas en la Tabla 620-2, según el tipo de prueba.

Tabla 620 - 2. Normas de referencia para pruebas de carga de pilotes

TIPO DE PRUEBA DE CARGA	NORMA ASTM
Carga de compresión axial estática	D 1143
Carga de tensión axial estática	D 3689
Carga lateral estática	D 3966
Prueba de carga dinámica de alta deformación	D 4945
Prueba de carga rápida a compresión por pulso de carga tipo Statnamic	D 7383

620.5.2.6 Tolerancias en la posición de los pilotes

Salvo que los documentos del proyecto indiquen otra cosa, las tolerancias de construcción para los pilotes hincados de concreto serán siguientes:

- La desviación del alineamiento de un pilote, respecto de la inclinación especificada, no podrá ser mayor del tres por ciento (3 %) de la longitud del pilote.
- El desplazamiento de la cabeza del pilote no deberá diferir del previsto en más de diez centímetros (10 cm), en cualquier dirección.

Los anteriores requisitos no se aplicarán en el caso de los pilotes hincados desde plataformas flotantes, para los cuales se establecerán las tolerancias en los documentos del proyecto o en una especificación particular.

Cuando se trate de pilotes cuya punta deba descansar sobre estratos muy resistentes, se deberá vigilar, mediante nivelación, que la hincada de unos pilotes no produzca la elevación de los ya hincados, lo cual podría ocasionar que éstos perdieran el contacto con dicho estrato. Si así fuera, el Constructor deberá rehincar los pilotes hasta asegurar el mencionado contacto.

Todos los trabajos cuya calidad y terminación no cumplan lo especificado en el presente Artículo, deberán ser corregidos por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

620.6 MEDIDA

620.6.1 Pilotes prefabricados de concreto

La unidad de medida para los pilotes prefabricados de concreto será el metro lineal (m), aproximado al decímetro, de pilote realmente hincado de acuerdo con los planos del proyecto, esta especificación y las instrucciones del Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

En la medida se incluirán los pilotes empleados en las pruebas de carga efectuadas por indicación de los documentos del proyecto o por solicitud

del Interventor, así ellos no queden incorporados en la estructura permanente.

620.6.2 Extensión de pilotes

Las extensiones de pilotes, autorizadas y aceptadas por el Interventor, tendrán como unidad de medida el metro lineal (m), aproximado al decímetro. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

620.6.3 Pruebas de carga

Las pruebas de carga efectuadas por indicación de los documentos del proyecto o por solicitud del Interventor, se pagarán por unidad (u). Si dichas pruebas se realizan a solicitud del Constructor, no se medirán ni tendrán compensación alguna.

620.7 FORMA DE PAGO

620.7.1 Pilotes prefabricados de concreto

El pago de los pilotes prefabricados de concreto y las extensiones de éstos, se hará a los respectivos precios unitarios del contrato y por toda obra aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir los costos de todos los materiales y elementos empleados en la fabricación de los pilotes de las dimensiones especificadas, tales como el concreto, las formaletas, el acero de refuerzo y las puntas de acero estructural; los costos de fabricación, curado, eventuales patentes, transporte, almacenamiento, desperdicios, manejo, izada, hincado y recorte de los pilotes; los equipos requeridos y demás accesorios y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados en este Artículo.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

620.7.2 Extensiones de pilotes

El precio unitario para extensiones de pilotes deberá incluir todos los costos de preparación de la cabeza del pilote hincado y de materiales, fabricación, curado, transporte cuando corresponda y colocación de la extensión, de acuerdo con esta especificación y las instrucciones del Interventor.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

620.7.3 Pruebas de carga

El precio unitario para las pruebas de carga deberá incluir todos los costos por mano de obra, equipo y materiales requeridos para su correcta ejecución. Para reconocer el pago de estas pruebas, se requiere que ellas estén contempladas en los documentos del proyecto o sean solicitadas por el Interventor.

Las pruebas de carga en los pilotes de trabajo, realizadas por dudas en la calidad del pilote no se medirán ni se pagarán, como tampoco las que se efectúen por solicitud de este último.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

620.8 ÍTEM DE PAGO

620.1	Pilotes prefabricados de concreto, de sección _____	Metro lineal (m)
620.2	Extensión de pilotes, de sección _____	Metro lineal (m)
620.3	Prueba de carga tipo _____	Unidad (u)

Nota: se deberán elaborar ítems de pago independientes por cada sección de pilote y por cada tipo de prueba de carga que contemple el proyecto.

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIA

PILOTES PREEXCAVADOS

ARTÍCULO 621 – 13

621.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la construcción de pilotes de concreto vaciados in situ, con o sin bases acampanadas, cuya ejecución se efectúa excavando previamente el terreno y rellenando la excavación con concreto fresco y las correspondientes armaduras, con los diámetros, longitudes y profundidades indicados en los planos del proyecto y de acuerdo con las instrucciones del Interventor.

Dependiendo de las condiciones del suelo y de instalación, la ejecución de pilotes preexcavados puede requerir la instalación de camisas metálicas de soporte que pueden o no ser retiradas al final de la colocación del concreto; también, puede requerir la ejecución de la perforación y el vaciado del concreto bajo agua o bajo lodos de perforación

621.2 MATERIALES

621.2.1 Concreto

El concreto que se utilice para los pilotes deberá cumplir con los requisitos aplicables del Artículo 630, "Concreto Estructural". Los documentos del proyecto deberán definir la clase de concreto para los pilotes; salvo que los documentos del proyecto establezcan valores diferentes, el concreto tendrá una resistencia mínima a la compresión de 28 MPa a 28 días, con una relación agua/cemento máxima de 0.45 y un agregado de tamaño máximo de 32 mm.

El concreto deberá tener una fluidez suficiente para garantizar una continuidad en su colocación. La Tabla 621 - 1 establece los requisitos de asentamiento para el concreto de pilotes preexcavados, medido según la norma de ensayo INV E-404.

621.2.2 Acero de refuerzo

El acero empleado en la construcción de las canastas de refuerzo cumplirá con las características indicadas en el Artículo 640, "Acero de refuerzo".

Las armaduras transversales se sujetarán a las longitudinales, por amarres o soldadura. En pilotes hasta de diez metros (10 m) de longitud se podrán admitir los amarres, pero a partir de esta longitud, las armaduras deberán estar soldadas entre sí, al menos en uno (1) de cada dos (2) puntos de contacto.

Tabla 621 - 1. Requisitos de asentamiento para concreto de pilotes preexcavados

TIPO DE COLOCACIÓN	RECOMENDADO mm	LÍMITES DE ACEPTACIÓN PARA CONSTRUCCIÓN, mm	
		MÍNIMO	MÁXIMO
Seco	165	140	190
Bajo agua o lodo de perforación	200	175	225

621.2.3 Camisas de acero

El acero estructural empleado en la fabricación de las camisas de contención deberá ser de calidad AASHTO M-270, grado 36, a no ser que los documentos del proyecto exijan algo diferente.

621.2.4 Lodo de perforación

El lodo de perforación empleado deberá ser una suspensión de mineral arcilloso procesado, consistente en bentonita o atapulgita, con agua limpia. El lodo de perforación deberá tener la viscosidad suficiente y las características gelatinosas apropiadas para transportar el material excavado hasta un sistema de cernido adecuado; el porcentaje del mineral arcilloso en la suspensión y la densidad del lodo deberán ser suficientes para mantener la estabilidad de la excavación y permitir el vaciado del concreto. En la Tabla 621 - 2 se indican los valores aceptables para las propiedades físicas de la suspensión.

Otras suspensiones conteniendo polímeros o polímeros con bentonita pueden ser usadas como lodos de estabilización en base a la experiencia exitosa de casos previos, en condiciones geotécnicas similares, o en el caso de realizar excavaciones de ensayo a escala natural in situ que demuestren un comportamiento satisfactorio; deberán cumplir lo especificado en la Tabla 621 - 2.

Tabla 621 – 2. Características de la suspensión mineral para lodos de perforación

PROPIEDAD	RANGO DE VALORES		MÉTODO DE PRUEBA (Nota 1)
	ANTES DE LA INTRODUCCIÓN DE LA SUSPENSIÓN	AL MOMENTO DE VACIADO	
Densidad, kN/m ³	10.3 a 11.0	10.3 a 12.0	Balanza de lodos API 13B-1, Sección 1
Viscosidad, segundos	28 – 45	28 – 45	Cono Marsh API 13B-1, Sección 2
Contenido de arena, %	≤ 1%	≤ 6%	Medidor de contenido de arena API 13B-1, Sección 5
pH	8 - 11	8 - 11	Medidor pH

Nota 1: API = American Petroleum Institute

Nota 2: Los valores de densidad aumentan 0.3 kN/m³ en agua salada.

Nota 3: El cono de Marsh especificado corresponde al modelo de 152 mm en boca de entrada y 4,76 mm en boca de salida, embudo de 305 mm de altura y salida de 50 mm de altura.

Nota 4: Las pruebas de viscosidad y pH se deben realizar durante la excavación del pozo, para establecer un patrón de trabajo consistente.

Nota 5: Antes de colocar las armaduras del pilote de concreto armado, se deberán tomar muestras del lodo de perforación a partir del fondo de la excavación y a intervalos que no excedan los 3 metros para la altura total del lodo de perforación. Cualquier lodo de perforación altamente contaminado que se haya acumulado en el fondo de la excavación del pilote deberá ser reemplazado. Las características del lodo de perforación deberán estar dentro de los requisitos especificados en la tabla al momento del vaciado.

621.3 EQUIPO

La construcción de pilotes preexcavados requiere de equipos para la elaboración de agregados pétreos y la fabricación del concreto, los cuales deberán estar de acuerdo con el Artículo 630, numeral 630.3.

En relación con el resto del equipo requerido, dependerá del sistema de construcción adoptado, pero básicamente incluye grúas, taladros, barrenos, baldes de achique, equipo desarenador, equipo de muestreo, tuberías de vaciado, tuberías de revestimiento, bombas de concreto y, en general, cualquier otro equipo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.

621.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

621.4.1 Procedimiento constructivo

Con suficiente anticipación a la iniciación de los trabajos, el Constructor debe presentar para aprobación del Interventor el procedimiento constructivo, para aprobación del Interventor. El informe debe contemplar al menos los siguientes aspectos:

- Procedimiento de fabricación.
- Lista del equipo propuesto.
- Detalles de la secuencia de construcción.
- Detalles de los métodos de excavación de pozos.
- Detalles del método propuesto para mezclar, recircular y desarenar el lodo de perforación, en caso de que se requiera.
- Detalles de los métodos de limpieza.
- Métodos para verificar la profundidad del pilote.
- Métodos para verificar la forma de las campanas, si ellas se requieren.
- Detalles de la colocación del refuerzo.
- Detalles de colocación, curado y protección del concreto.
- Detalles de las pruebas de carga requeridas, o pruebas especiales.
- Información adicional requerida por el Interventor.

El Constructor no podrá iniciar la construcción de pilotes preexcavados mientras el procedimiento constructivo no haya sido aprobado por el Interventor. Tal aprobación no lo exime de la responsabilidad por los resultados obtenidos.

621.4.2 Protección de estructuras existentes

El Constructor deberá tomar todas las precauciones necesarias para evitar daños a las estructuras e instalaciones existentes en vecindades de la zona de los trabajos. Estas medidas incluyen, pero no se limitan, a la

selección de los métodos y procedimientos de construcción que eviten socavación excesiva en la excavación de pozos, monitoreo y control de vibraciones provenientes del hincado de camisas y de la perforación del pozo o de las voladuras, en caso de que ellas se permitan.

Todos los daños y molestias que se produzcan por este motivo serán de su única y absoluta responsabilidad y, por lo tanto, todas las acciones técnicas y de cualquier otra índole que deban acometerse para enfrentar y resolver la situación planteada, deberán ser ejecutadas por el Constructor sin costo adicional para el INVÍAS.

621.4.3 Método de excavación

Toda excavación de fundaciones en las cuales existan pilotes preexcavados o perforados, deberá ser terminada antes que se inicie la construcción de los pilotes. Cuando se deban instalar pilotes preexcavados en conjunto con la colocación de terraplenes, los pilotes deberán ser construidos después de la colocación del relleno, a menos que los planos del proyecto o el Interventor indiquen lo contrario.

Se deberá llevar un registro continuo de la perforación de cada pilote, donde se consignen la profundidad y la calidad del terreno excavado, además de los rendimientos obtenidos durante el proceso.

Las excavaciones para pilotes acampanados se efectuarán de acuerdo con las dimensiones y cotas indicadas en los planos u ordenadas por el Interventor. El método por utilizar será el señalado en los documentos del proyecto y deberá ser el adecuado para los fines propuestos y los materiales existentes. Si no se indica ningún método en particular, el Constructor podrá seleccionar y utilizar el sistema que considere apropiado para realizar el trabajo, el cual deberá someter a la aprobación del Interventor.

621.4.4 Verificación del fondo de la excavación

La cota de fondo del pilote mostrada en los planos se podrá ajustar durante el proceso de construcción, si se determina que el material de fundación encontrado no es adecuado y difiere del material considerado en el diseño de los pilotes.

El Constructor tomará las muestras o núcleos de roca indicados en los planos u ordenados por el Interventor para determinar las características

del material que se encuentra por debajo de la excavación del pilote. El Interventor determinará, una vez inspeccionados los núcleos o las muestras, la profundidad final de la excavación del pozo.

Los materiales provenientes de la excavación y los líquidos utilizados en la perforación deberán ser retirados, de acuerdo con las disposiciones establecidas en el proyecto o según lo ordene el Interventor.

Cuando los planos indiquen cimientos acampanados, éstos deberán ser excavados para conformar un área de apoyo de la forma y el tamaño indicados en los planos. La forma de campana se obtendrá mediante la utilización de métodos mecánicos de excavación.

621.4.5 Hinca de camisas

Los revestimientos o camisas deberán ser metálicos, lisos, herméticos y suficientemente resistentes para soportar los esfuerzos de manejo e hincado, lo mismo que la presión ejercida por el concreto y el material de terreno circundante. El diámetro interior de las camisas no deberá ser inferior al tamaño especificado del pilote.

Las camisas, que podrán ser temporales o definitivas, se hincarán por un procedimiento adecuado, empleando equipos previamente aprobados por el Interventor.

En el caso de camisa permanente y al término de la excavación, el encamisado deberá ser recortado a la cota indicada.

Las camisas temporales deberán ser retiradas mientras el concreto sea manejable. Generalmente, el retiro de las camisas temporales no se deberá iniciar hasta tanto el concreto no se encuentre a nivel o por encima de la superficie del terreno. Se permite el empleo de un movimiento de rotación de la camisa ejerciendo presiones hacia arriba para facilitar su extracción o la utilización de un implemento vibratorio. La extracción de la camisa se deberá realizar lentamente, a una velocidad uniforme, con una tracción paralela al eje del pilote. Sobre el fondo de la camisa se deberá mantener una cabeza de concreto suficiente para vencer la presión hidrostática ejercida por el agua o el líquido de perforación que esté por fuera de la camisa.

621.4.6 Lodos de perforación

Cuando se deba emplear la suspensión, cuyas características se han definido en el numeral 621.2.4, su nivel se deberá mantener a una altura adecuada para garantizar la estabilidad de la excavación; el nivel deberá estar siempre, como mínimo, un metro (1 m) por encima del nivel freático.

La suspensión mineral deberá ser premezclada con agua dulce y permitírsele suficiente tiempo de hidratación, antes de introducirla en la excavación del pozo.

Cuando lo indiquen los documentos del proyecto, se deberán proporcionar tanques adecuados para la suspensión, pero en este caso no se permiten pozos excavados de suspensión, a menos que el Interventor lo autorice por escrito. Se deberán tomar las medidas que se requieran, tales como agitación, circulación y ajuste de las propiedades de la suspensión, con el fin de evitar el fragüe de ésta en la excavación del pozo.

Antes de colocar el concreto del pilote, se deberán tomar muestras de la suspensión desde el fondo y a intervalos que no superen de tres metros (3.0 m) en toda la altura de la suspensión. Cualquier suspensión altamente contaminada que se haya acumulado en el fondo del pozo, deberá ser renovada.

Inmediatamente antes de iniciar el vaciado del concreto para el pilote, la suspensión mineral deberá estar dentro de los requisitos establecidos en la Tabla 621 - 2. Si estos requisitos no se cumplen, la suspensión se deberá renovar hasta obtener los requisitos especificados, para poder iniciar el proceso de colocación del concreto.

621.4.7 Inspección de la excavación

El Constructor deberá suministrar equipo para verificar las dimensiones y alineamientos de cada excavación de pilotes. Tal verificación deberá hacerla bajo la dirección del Interventor. La profundidad final del pozo se medirá luego de completar la limpieza final.

La excavación del pozo se deberá limpiar hasta que el cincuenta por ciento (50 %) de la base, como mínimo, tenga menos de un centímetro

(1.0 cm) de sedimento y, en ningún lugar de la base, más de cuatro centímetros (4.0 cm) de sedimento.

La limpieza del pozo debe ser aprobada por el Interventor.

621.4.8 Construcción y colocación de la canasta de refuerzo

La canasta de refuerzo comprende el acero indicado en los planos, adicionado de las varillas de refuerzo de la canasta y de espaciadores, centralizadores y otros accesorios necesarios completamente ensamblados y colocados como una unidad, inmediatamente después de que el Interventor inspeccione y acepte la excavación del pozo, y antes de la colocación del concreto.

El acero de refuerzo dentro del pozo se deberá amarrar y soportar dentro de las tolerancias permitidas, hasta que el concreto lo soporte por sí mismo.

Cuando se coloque el concreto por medio de tubería de vaciado, se deberán utilizar dispositivos de anclaje temporales, para evitar que la canasta se levante durante la colocación del concreto.

Los espaciadores de concreto o cualquier otro dispositivo de separación no corrosivo aprobado, deberán ser utilizados a intervalos que no excedan de uno y medio metros (1.5 m) a lo largo del pozo, para garantizar la posición concéntrica de la canasta dentro de la excavación.

Cuando las varillas de refuerzo longitudinal exceden de veinticinco milímetros (25 mm) (No. 8), dicho espaciamiento no deberá ser mayor de tres metros (3.0 m).

621.4.9 Colocación, curado y protección del concreto

El concreto deberá ser vaciado dentro del pozo tan pronto como sea posible, luego de colocar la canasta de acero de refuerzo con todos sus aditamentos.

El Constructor cuidará que en ningún momento la altura de caída del hormigón sea más de 1.50 m; en caso de que el concreto vaya a ser colocado bajo agua o suspensión, deberá ser colocado mediante un tubo de vaciado (tubo tremie) o por medio de bombeo. El tubo tremie se mantendrá en todo momento con su punta hundida a lo menos dos

metros (2 m) en el hormigón fresco. De esta forma, se garantizará la salida del hormigón contaminado a la superficie para su eliminación.

La colocación del concreto deberá ser continua hasta la cota superior del pozo y continuarse una vez llenado éste, hasta que se evidencie la buena calidad del concreto. No se aceptarán, en ningún caso, interrupciones, motivando el rechazo del pilote si esto sucediera.

Para pozos con diámetros inferiores a dos metros con cuarenta centímetros (2.40 m), el tiempo transcurrido desde el comienzo de colocación del concreto hasta su terminación no deberá exceder de dos (2) horas. Para pozos de diámetro igual o mayor, la rata de colocación de concreto no deberá ser inferior a nueve metros (9.0 m) de altura del pozo por cada período de dos (2) horas.

La mezcla del concreto deberá ser de un diseño tal, que permita mantener su estado plástico durante el límite de colocación de dos (2) horas.

Cuando la cota superior del pilote queda por encima del terreno, la porción que sobresale del terreno deberá ser conformada con una formaleta removible o una camisa permanente, cuando así lo establezcan los documentos del proyecto.

El concreto del pilote deberá ser vibrado o manipulado con una varilla, hasta una profundidad de cinco metros (5.0 m) debajo de la superficie del terreno, excepto cuando el material blando o suspensión que permanezca en la excavación pueda mezclarse con el concreto.

Luego de la colocación, las superficies expuestas transitoriamente del pilote de concreto deberán ser curadas. No se deberán ejecutar operaciones de construcción por lo menos durante cuarenta y ocho (48) horas después de la colocación del concreto, para evitar movimientos del terreno adyacente al pilote. Solamente se permite un vibrado moderado.

Las partes de pilotes expuestas a cuerpos de agua, deberán ser protegidas contra la acción del agua, dejando las formaletas por lo menos siete (7) días después de la colocación del concreto.

621.4.10 Perforaciones de prueba para pilotes preexcavados

Se deberán ejecutar perforaciones de prueba para pilotes preexcavados, cuando se establezca de esta forma en los documentos contractuales o lo ordene el Interventor. Dichas pruebas se utilizarán para determinar si los métodos, el equipo y los procedimientos empleados por el Constructor son suficientes para lograr excavaciones de pilotes que cumplan con los requisitos de los planos y las especificaciones.

Durante la ejecución de las perforaciones de prueba, el Constructor deberá revisar en forma permanente el comportamiento de la excavación y, si es necesario, deberá realizar en forma oportuna los ajustes necesarios en los métodos, el equipo o los procedimientos empleados, con el fin de completar satisfactoriamente la excavación.

La localización de los sitios para la ejecución de las perforaciones de prueba de pilotes deberá ser la indicada en los planos u ordenada por el Interventor. El diámetro y la profundidad de las perforaciones de prueba deberán ser los mismos de los pilotes preexcavados definitivos mostrados en los planos u ordenados por el Interventor. Las perforaciones se llenarán con concreto simple, colocado de la misma manera que los pilotes definitivos, a menos que se muestre en los planos o se indique por el Interventor un material diferente de relleno.

621.4.11 Pruebas de carga

Si los documentos del proyecto establecen la ejecución de pruebas de carga, éstas se deberán completar antes de proceder a la construcción de los pilotes preexcavados definitivos.

La localización de los pilotes de prueba y los pilotes de reacción, las cargas máximas por aplicar, el equipo de prueba que debe suministrar el Constructor y la ejecución de las pruebas de carga, corresponderán a lo indicado en los planos o en las disposiciones especiales. Los tipos de prueba serán los establecidos en los documentos del proyecto o los señalados por el Interventor; se utilizará el procedimiento que correspondan de los establecidos en las normas indicadas en la Tabla 621 – 3, según el tipo de prueba.

Tabla 621 - 3. Normas de referencia para pruebas de carga de pilotes

TIPO DE PRUEBA DE CARGA	NORMA ASTM
Carga de compresión axial estática	D 1143
Carga de tensión axial estática	D 3689
Carga lateral estática	D 3966
Prueba de carga dinámica de alta deformación	D 4945
Prueba de carga rápida a compresión por pulso de carga tipo Statnamic	D 7383

Luego de completarse la prueba, los pilotes de reacción que no han de ser utilizados como pilotes definitivos, se cortarán a un metro (1.0 m) por debajo de la superficie del terreno, y la parte cortada deberá ser retirada por el Constructor.

El Constructor deberá suministrar las cotas de punta especificadas para los pilotes definitivos dentro de las dos (2) semanas después de la última prueba de carga, lapso dentro del cual el Interventor analizará la información de las pruebas.

621.4.12 Pruebas de integridad

Cuando los documentos del proyecto lo contemplen o, a juicio del Interventor, haya necesidad de comprobar la integridad de los pilotes, se efectuarán ensayos de integridad. Los tipos de prueba serán los establecidos en los documentos del proyecto o los señalados por el Interventor; se utilizará el procedimiento que correspondan de los establecidos en las normas indicadas en la Tabla 621 – 4, según el tipo de prueba.

Tabla 620 - 4. Normas de referencia para pruebas de integridad de pilotes

TIPO DE PRUEBA DE INTEGRIDAD	NORMA ASTM
Prueba de integridad de baja deformación por impacto	D 5882
Prueba de integridad por ultrasonido mediante probetas introducidas en tubos paralelos instalados dentro del pilote (crosshole testing)	D 6760

621.4.13 Manejo ambiental

Todas las labores de pilotes prefabricados de concreto se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

621.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

621.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Comprobar permanentemente el estado de funcionamiento del equipo de construcción.
- Vigilar que se apliquen métodos de trabajo apropiados para el tipo de obra en ejecución.
- Comprobar que los materiales cumplan los requisitos de calidad establecidos en el numeral 621.2.

Adicionalmente, el Interventor, en particular, adelantará los siguientes controles principales:

- Exigir la presentación de los planos de trabajo por parte del Constructor.
- Verificar que el Constructor emplee el equipo aprobado.
- Exigir al Constructor la adopción de medidas para garantizar la protección de las estructuras vecinas a la zona de trabajo.
- Ordenar las pruebas necesarias para comprobar la integridad y la capacidad de carga de los pilotes y efectuar las determinaciones pertinentes.
- Medir, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas por el Constructor, en acuerdo a la presente especificación.

621.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

621.5.2.1 Calidad del concreto

En relación con la calidad de los ingredientes y de la mezcla de concreto, regirá todo lo aplicable del Artículo 630, numeral 630.5.2.

No se aceptarán los pilotes cuya calidad de concreto resulte defectuosa.

El Constructor deberá ejecutar, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, las verificaciones técnicas, los diseños y las obras que se requieran para sustituir los pilotes defectuosos por nuevos pilotes y reforzar las estructuras que se apoyen en ellos, de manera que se conserven las condiciones de resistencia, seguridad y funcionalidad del diseño original.

Las modificaciones propuestas por el Constructor deben ser aprobadas por el Interventor.

621.5.2.2 Acero de refuerzo

La calidad del acero de refuerzo deberá cumplir lo establecido en el Artículo 640, numeral 640.5.2.1.

En relación con las canastas de refuerzo, se aceptarán las tolerancias indicadas en el numeral 640.5.2.2 del mismo Artículo.

Las canastas de refuerzo que no cumpla estos requisitos no podrán ser instaladas en los pilotes del proyecto.

621.5.2.3 Calidad de la suspensión

Sus características se deberán ajustar, en todo, a las exigencias del numeral 621.2.4.

No se podrá iniciar la construcción de los pilotes si la suspensión mineral que está lista para su uso no cumple con los requisitos establecidos en dicho numeral para el momento de introducirla en la perforación; tampoco se autorizará el inicio del vaciado del concreto si la suspensión dentro de la perforación no cumple con los requisitos establecidos para el momento del vaciado.

621.5.2.4 Camisas de acero

Su calidad deberá satisfacer las exigencias del numeral 621.2.3. Su diámetro será el establecido en los documentos del proyecto, con las tolerancias que se indican en el numeral siguiente.

Las camisas que no cumplan los requisitos no podrán ser instaladas en los pilotes del proyecto.

621.5.2.5 Tolerancias de construcción

En la construcción de los pilotes preexcavados se aceptarán las siguientes tolerancias de construcción:

- El desplazamiento horizontal de los pilotes preexcavados, con respecto a la posición indicada en los planos del proyecto, no deberá exceder de siete y medio centímetros (7.5 cm), en cualquier dirección, en el nivel proyectado para la cabeza del pilote.
- El alineamiento vertical de la excavación del pilote no deberá variar del alineamiento proyectado en más de dos centímetros por metro (2 cm/m) de profundidad.
- Luego de colocado el concreto, el extremo superior de la canasta de refuerzo no deberá quedar más de quince centímetros (15 cm) por encima ni más de siete y medio centímetros (7.5 cm) por debajo de la posición proyectada.
- Cuando se utilicen camisas, su diámetro exterior no deberá ser inferior al diámetro del pilote indicado en los planos. En caso contrario, el diámetro mínimo del pozo perforado deberá ser igual al diámetro indicado en los planos para diámetros de sesenta centímetros (60 cm) o menos y hasta dos y medio centímetros (2.5 cm) menor de dicho diámetro, para pozos de diámetro superior a sesenta centímetros (60 cm).
- El área de apoyo de pilotes acampanados deberá ser excavada, como mínimo, igual al área de apoyo

proyectada. Cualquier otra dimensión indicada para cilindros acampanados puede variar para ajustarse al equipo utilizado, siempre que lo apruebe el Interventor.

- El nivel superior del pozo no deberá exceder de dos y medio centímetros (2.5 cm) del nivel superior especificado.
- El fondo de la excavación del pozo deberá quedar normal al eje de éste, con una desviación máxima de seis centímetros por metro (6 cm/m) de diámetro del pozo.

No se aceptará ningún pilote que no cumpla con las tolerancias estipuladas. En tal caso, el Constructor deberá remitir para aprobación del Interventor los métodos correctivos y no podrá continuar con la construcción del pilote, hasta obtener la aprobación respectiva.

621.5.2.6 Ensayos no destructivos

Cuando el pilote se construya por el método húmedo y cuando lo exijan los documentos del proyecto o el Interventor, el pilote terminado se deberá someter a pruebas no destructivas para determinar el alcance de los defectos que puedan presentarse en él.

El trabajo para tales pruebas se hará de acuerdo con los planos o las instrucciones del Interventor, y los materiales, equipos y personal calificado que sean necesarios, deberán ser suministrados por el Constructor.

Si los resultados de los ensayos no destructivos, tales como ensayos sónicos o de impedancia mecánica, revelaran posibles anomalías, el Interventor podrá ordenar la comprobación del diseño teórico del pilote o la comprobación de la continuidad del pilote mediante sondeos, de cuya interpretación podrá establecer la necesidad de realizar pruebas de carga, la reparación del pilote o su rechazo, siendo los costos, en cualquier caso, a cargo del Constructor.

Si las pruebas realizadas descubren la presencia de vacíos o discontinuidades que, a juicio del Interventor, indiquen que el pilote no es estructuralmente adecuado, o que disminuyan su capacidad estructural en más del 10 %, el pilote será rechazado y se suspenderá la construcción de pilotes adicionales hasta que el Constructor repare, reemplace o suplemente el trabajo defectuoso, y el Interventor apruebe el trabajo de reparación. La suspensión en la construcción de pilotes preexcavados deberá permanecer hasta que el Interventor apruebe las modificaciones que se deban hacer a los métodos de construcción de los pilotes, presentadas por el Constructor.

Todo defecto de calidad de los materiales, de ejecución o terminación de los pilotes preexcavados deberá ser corregido por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

621.6 MEDIDA

621.6.1 Pilotes preexcavados

La unidad de medida será el metro lineal (m), aproximado al decímetro, de pilotes preexcavados de cada diámetro, contruidos de acuerdo con los planos, esta especificación y las instrucciones del Interventor, a plena satisfacción de éste. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

La medida se realizará a lo largo del eje del pilote, a partir de las cotas de punta y de corte señaladas en los planos u ordenadas por el Interventor.

En la medida se incluirán los pilotes empleados en las pruebas de carga efectuadas por indicación de los documentos del proyecto o por solicitud del Interventor, así ellos no queden incorporados en la estructura permanente. No se medirán para pago los pilotes empleados en las pruebas de carga ordenadas por el Interventor por dudas en la calidad de algún pilote, como tampoco los empleados en las pruebas que se efectúen por solicitud del Constructor.

621.6.2 Bases acampanadas

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3), aproximado a la centésima, de base acampanada de concreto construida de acuerdo con los planos, esta especificación y las instrucciones del Interventor, a plena satisfacción de éste. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

El volumen se calculará con base en las dimensiones y formas especificadas en los planos y corresponderá al volumen por fuera de las dimensiones del pilote que se extiende hasta el fondo de la campana.

621.6.3 Perforaciones de prueba para pilotes

La unidad de medida será el metro lineal (m), aproximado al decímetro, de perforación de prueba para pilote del diámetro especificado, ejecutada a satisfacción del Interventor. La medida se realizará desde la cota del terreno al instante de iniciar la perforación, hasta el fondo de ésta. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

621.6.4 Perforaciones de prueba para bases acampanadas

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3), aproximado a la centésima, de perforación de prueba para base acampanada ejecutada a satisfacción del Interventor. El volumen se calculará aplicando el mismo procedimiento descrito en el numeral 621.6.2. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

621.6.5 Camisas permanentes

La unidad de medida será el metro lineal (m), aproximado al decímetro, de camisa permanente de cada diámetro, suministrada e instalada de manera satisfactoria para el Interventor. La medida se realizará a lo largo de la camisa, desde el nivel superior de ella o del pilote, el que sea menor, hasta el fondo de la camisa en cada lugar donde se haya autorizado su utilización. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

621.6.6 Pruebas de carga

Las pruebas de carga se medirán por unidad (u), computándose únicamente las establecidas en los documentos del proyecto y las ordenadas por el Interventor, salvo en el caso señalado en el párrafo siguiente.

Las pruebas de carga ordenadas por el Interventor por dudas en la calidad del pilote no se medirán para pago, como tampoco las que se efectúen por solicitud del Constructor.

621.6.7 Pruebas de integridad

Si los documentos del proyecto contemplan que las pruebas de integridad se pagan por separado, ellas se medirán por unidad (u), computándose únicamente las establecidas en los documentos del proyecto y las ordenadas por el Interventor, salvo en el caso señalado en el párrafo siguiente.

Las pruebas de integridad ordenadas por el Interventor por dudas en la calidad del pilote no se medirán para pago, como tampoco las que se efectúen por solicitud del Constructor.

621.7 FORMA DE PAGO

621.7.1 Pilotes preexcavados

El pago de pilotes preexcavados se hará de acuerdo con el precio unitario del contrato y deberá incluir todos los costos relacionados con la excavación del pozo, retiro, cargue, transporte y disposición del material proveniente de la excavación, el suministro y la colocación del acero de refuerzo y el concreto, y el curado de este último, lo mismo que la mano de obra, equipo, materiales, suministro, instalación y remoción de las camisas temporales; así como la provisión de todos los demás accesorios necesarios para completar el trabajo de acuerdo con los planos y esta especificación, a satisfacción del Interventor.

Si los documentos del proyecto así lo establecen, el precio unitario deberá incluir los costos de las pruebas de integridad, incluyendo todos los costos por mano de obra, equipo y materiales requeridos para su correcta ejecución.

El precio unitario deberá incluir, además, los costos de preparación de los planos de trabajo, así como los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

621.7.2 Bases acampanadas

El pago se hará al precio unitario del contrato por todo volumen de base acampanada construido de acuerdo con esta especificación y aceptado a satisfacción por el Interventor. El precio unitario deberá incluir los costos de excavación, remoción, cargue, transporte y disposición del material excavado; suministro y colocación del concreto por fuera del diámetro del pilote perforado; así como toda la mano de obra, materiales, equipo y demás costos adicionales que se requieran para la correcta terminación de las bases acampanadas.

El precio unitario deberá incluir, además, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

621.7.3 Perforaciones de prueba para pilotes

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato por toda perforación de prueba para pilotes ejecutada satisfactoriamente. El precio unitario deberá incluir todos los costos de excavación, remoción, cargue, transporte y disposición del material excavado; suministro y colocación del concreto o material de relleno; así como toda la mano de obra, materiales, equipos y demás costos adicionales requeridos para la correcta ejecución de las perforaciones de prueba para pilotes de acuerdo con los documentos del proyecto y las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

Si los documentos del proyecto así lo establecen, el precio unitario deberá incluir los costos de las pruebas de integridad, incluyendo todos los costos por mano de obra, equipo y materiales requeridos para su correcta ejecución. En caso contrario, estas pruebas se pagarán como se indica en el numeral 621.7.7.

El precio unitario deberá incluir, además, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

621.7.4 Perforaciones de prueba para bases acampanadas

El pago se hará al precio unitario del contrato, por toda perforación de prueba para bases acampanadas ejecutada a satisfacción del Interventor. El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de excavación y remoción, cargue, transporte y disposición del material excavado; suministro y colocación del concreto o material de relleno por fuera del diámetro del pilote perforado; así como toda la mano de obra, materiales, equipos y demás costos adicionales requeridos para la correcta terminación de las perforaciones de prueba para bases acampanadas.

El precio unitario deberá incluir, además, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

621.7.5 Camisas permanentes

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, el cual deberá cubrir todos los costos por concepto del suministro y la correcta instalación de las camisas permanentes en los sitios y con las dimensiones previstas en los documentos del proyecto o autorizados por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir, además, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

621.7.6 Pruebas de carga

Se pagarán al precio unitario del contrato, el cual deberá incluir todos los costos relacionados con su correcta ejecución, según lo determine el Interventor, incluido el corte de los pilotes de reacción y el retiro y la disposición del material cortado. El precio unitario deberá incluir, además, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

Las pruebas de carga en los pilotes de trabajo realizadas porque, a juicio del Interventor, existen dudas con respecto a la calidad del pilote, no se medirán ni se pagarán, como tampoco las que se efectúen por solicitud del Constructor.

621.7.7 Pruebas de integridad

Si los documentos del proyecto contemplan que las pruebas de integridad se pagan por separado, el pago se hará al precio unitario respectivo, el cual deberá incluir todos los costos por mano de obra, equipo y materiales requeridos para su correcta ejecución. El precio unitario deberá incluir, además, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor

Las pruebas de integridad realizadas por porque, a juicio del Interventor, existen dudas con respecto a la calidad del pilote, no se medirán ni se pagarán, como tampoco las que se efectúen por solicitud de Constructor.

621.7.8 Otras consideraciones

En todos los casos, el respectivo precio unitario deberá incluir los costos necesarios para la protección de las estructuras aledañas, así como los de señalización preventiva de la vía y ordenamiento del tránsito automotor durante el período de ejecución de los trabajos. Los ensayos no destructivos en los pilotes, realizados por dudas en la calidad del pilote surgidas al Interventor por causas imputables al Constructor, no se medirán ni se pagarán, como tampoco las que se efectúen por solicitud de este último.

621.8 ÍTEM DE PAGO

621.1	Pilote de concreto vaciado in situ, de diámetro _____	Metro lineal (m)
621.2	Base acampanada	Metro cúbico (m ³)
621.3	Perforación de prueba para pilote, de diámetro _____	Metro lineal (m)
621.4	Perforación de prueba para base acampanada	Metro cúbico (m ³)
621.5	Camisa permanente de diámetro exterior _____	Metro lineal (m)
621.6	Prueba de carga tipo _____	Unidad (u)
621.7	Prueba de integridad tipo _____	Unidad (u)

Nota: se deberán elaborar ítems de pago independientes por cada diámetro de pilote, por cada diámetro de camisa permanente y por cada tipo de prueba de carga o de integridad que contemple el proyecto.

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente
NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

TABLESTACADOS

ARTÍCULO 622 – 13

622.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro o la fabricación, transporte, manejo, almacenamiento e hincado de tablestacas de los tipos, secciones y longitudes indicados en los planos u ordenados por el Interventor.

También, comprende el suministro y erección de cualquier arriostramiento, macizos de anclaje, tirantes y otros miembros que muestren los planos y que sean necesarios para la correcta ejecución de los trabajos.

622.2 MATERIALES

622.2.1 Tablestacado de madera

Se utilizará madera aserrada o desbastada, tratada o sin tratar, de la mejor calidad que se encuentre en la zona de las obras, y que su resistencia se haya considerado dentro del diseño previamente realizado, de acuerdo con lo señalado en los documentos o en las especificaciones particulares del proyecto. Su calidad deberá ser tal, que soporte satisfactoriamente el hincamiento, sin presentar agrietamientos o daños por el proceso.

622.2.2 Tablestacado de concreto reforzado

Los documentos del proyecto deberán definir la clase de concreto para las tablestacas de concreto reforzado; el concreto deberá tener una resistencia mínima a la compresión de 28 MPa a 28 días, a no ser que los planos o las especificaciones particulares lo indiquen de otra manera. Los materiales y su preparación y fabricación, deberán estar de acuerdo con el Artículo 630. El acero para el refuerzo, deberá llenar los requisitos del Artículo 640.

622.2.3 Tablestacado de concreto pre-esforzado

Los documentos del proyecto deberán definir la clase de concreto para las tablestacas de concreto pre-esforzado; el concreto deberá tener una resistencia mínima a la compresión de 35 MPa a 28 días, a no ser que los

planos o las especificaciones particulares lo indiquen de otra manera. Los materiales, su preparación y su fabricación, deberán estar de acuerdo con el Artículo 630. El acero para refuerzo, deberá llenar los requisitos del Artículo 640; los cables de alta resistencia, los del Artículo 641, y la lechada para ductos, los del Artículo 631.

622.2.4 Tablestacado metálico

Se deberán utilizar láminas metálicas del tipo, espesores y características físicas, químicas y mecánicas señaladas en los planos o las especificaciones particulares del proyecto. Se podrán utilizar perfiles laminados de acero al carbono sin aleación especial, cuya resistencia característica a tracción sea superior a trescientos cuarenta megapascals (340 MPa). En todos los casos, el metal deberá cumplir los requisitos del Artículo 650 de estas especificaciones.

El tablestacado deberá cumplir lo señalado en las especificaciones AASHTO M 202 o ASTM A 328, salvo que los documentos del proyecto o las especificaciones particulares indiquen algo diferente.

El acero deberá permitir soldadura eléctrica.

622.2.5 Consideraciones especiales con respecto a la reutilización de tablestacas

Solamente se permitirá la reutilización de tablestacas cuando así lo indiquen los documentos del proyecto; en este caso, se debe garantizar que cumplan las especificaciones de este Artículo y las especificaciones particulares del proyecto en relación con el tipo, tamaño, y calidad de los materiales.

En especial, se atenderá el requerimiento de la flecha formada por el elemento respecto a la recta que definen sus dos extremos, indicada en el numeral 622.5.2.2.

En el caso de que las tablestacas posean pestañas para adosarse unas con otras, éstas se deberán encontrar en un estado aceptable, permitiendo su unión sin ninguna dificultad.

622.2.6 Mortero

El mortero requerido para el sello de juntas y calafates de tablestacados de concreto deberá estar compuesto por una mezcla de una (1) parte de cemento y dos (2) de arena limpia, en volumen.

622.3 EQUIPO

El Constructor deberá disponer de todos los equipos necesarios para la preparación, transporte e instalación adecuada de las tablestacas. En particular, los equipos y métodos de instalación o hincas, deberán ser los comúnmente recomendados para esta clase de trabajos. Las herramientas para el recorte de tablestacas deberán ser adecuadas para el material por cortar.

Los equipos que utilicen martillos para la hincas de las tablestacas deberán tener guías en todo el recorrido para propiciar el golpe, las cuales deberán contar con la aprobación del Interventor.

622.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

622.4.1 Condiciones generales

Será de responsabilidad del Constructor el proyecto y la construcción del tablestacado. Éste deberá poseer la rigidez suficiente para soportar todas las cargas y demás acciones posibles de ocurrir durante la etapa constructiva y garantizar que la obra acabada tenga la geometría, las dimensiones y los alineamientos indicados en los documentos del proyecto.

622.4.2 Procedimiento constructivo

Con suficiente anticipación a la iniciación de los trabajos, el Constructor debe presentar para aprobación del Interventor el procedimiento constructivo. El informe debe contemplar, al menos, los siguientes aspectos:

- Lista completa del equipo.
- Disposición y manejo del patio de fabricación de las tablestacas (si se contempla prefabricación).

- Procedimiento de fabricación (si se contempla prefabricación).
- Procedimiento de cargue, transporte e izado, y verificación de la capacidad de las tablestacas para resistir los esfuerzos que se generan con estas operaciones.
- Método y secuencia de hincado.
- Características del martillo, con sus respectivos soportes, acompañado del análisis del cumplimiento de los requisitos establecidos para el mismo en esta especificación.
- Verificación de la capacidad del martillo para el cumplimiento de los requisitos del proyecto en cuanto a profundidad y penetración en el estrato portante (si se requiere).
- Verificación de la conservación de las características de las tablestacas en el proceso de hinca.
- Criterio de rechazo, si aplica.
- Programa de ejecución.
- Programa de control de calidad.

El Constructor no podrá iniciar la construcción del tablestacado mientras el procedimiento constructivo no haya sido aprobado por el Interventor. Tal aprobación no lo exime de la responsabilidad por los resultados obtenidos.

622.4.3 Suministro, manejo y almacenamiento

El Constructor deberá suministrar los elementos con las dimensiones y las características físicas señaladas en los planos y demás documentos del proyecto.

El manejo y el almacenamiento de las tablestacas se realizarán de manera de garantizar la mayor seguridad de las personas e instalaciones circundantes a la obra, atendiendo la normatividad al respecto. Cualquier daño o perjuicio causado será responsabilidad del Constructor, quién deberá responder por ello con sus propios recursos.

El transporte y manejo del tablestacado se deberán efectuar con el mayor cuidado, para evitar cualquier deformación, ranuras, quebraduras y astilladuras.

Las piezas deberán ser almacenadas en sitios limpios en todo momento, bien drenados y protegidos de los efectos de agua. Las piezas deberán ser separadas mediante trozos de madera u otros elementos adecuados durante el almacenamiento, para evitar los deterioros que se puedan presentar por el contacto directo entre ellas o por cualquier otro agente, tales como el cambio de la geometría, daños en los elementos de unión y posibles revestimientos que se presenten.

Se pondrá especial cuidado en la forma de almacenamiento y la cantidad por apilamiento, para evitar daños por sollicitaciones estructurales no consideradas en el diseño de los elementos.

Si por alguna razón se debe variar alguna de las características geométricas de las tablestacas suministradas, ésta deberá ser aprobada por el Interventor.

622.4.4 Hincia

Se deberá disponer de guías para las tablestacas, las cuales pueden consistir en una doble fila de tablonos o piezas de madera de mayor sección, colocados a poca altura del suelo, de forma que el eje del hueco intermedio coincida con el de la pantalla de tablestacas a construir. Esta doble fila de tablonos estará sólidamente sujeta y apuntalada al terreno, y la distancia entre sus caras interiores no excederá del espesor de la pared de tablestacas en más de dos centímetros (2 cm).

Para tablestacas muy largas, se puede requerir la instalación de una segunda guía situada por encima de la primera, con el fin de garantizar la verticalidad del tablestacado.

El tablestacado se hincará, preferiblemente, mediante martillo vibratorio. En caso de que el martillo vibratorio no consiga hincar la tablestaca hasta las cotas definidas en el proyecto, se podrá usar un martillo de hincia por golpes; en este caso, el martinete puede ser de gravedad o de cualquier tipo de acción que se use normalmente en la hincia de pilotes. Si se hincia con martinete, las cabezas de las tablestacas se deberán proteger por medio de accesorios adecuados, para evitar su deformación o deterioro por los golpes.

Si los documentos del proyecto así lo contemplan, se podrá complementar el trabajo de estos equipos con sistemas de inyección de agua a presión.

En los casos en que se necesiten chorros de agua, se requiere un mínimo de dos. El volumen y la presión de agua en las boquillas deberá ser tal que erosione libremente el material adyacente.

La hincas de la tablestaca se realizará hasta la penetración o capacidad de soporte especificados y aceptados por el Interventor.

Las ayudas a la hincas, tales como la preperforación o la lubricación de juntas, serán utilizadas únicamente con el consentimiento por escrito del Interventor.

Las tablestacas de concreto con unión machihembrada, en la porción bajo tierra, y unión de acanaladura doble en la porción expuesta, deberán tener, después de instaladas, las ranuras superiores libres de arena, fango o escombros y totalmente rellenas por un mortero constituido por una (1) parte de cemento y dos (2) de arena, en volumen. El tratamiento de mortero se aplicará, también, para la corrección de desportilladuras del concreto a causa de la hincas.

622.4.5 Recortes

Terminada la hincas, se cortarán, si es preciso, los extremos superiores de las tablestacas, de manera que sus cabezas queden alineadas según el perfil definido en los planos. El corte se efectuará con herramienta apropiada para el material de la tablestaca.

En los tablestacados de madera, después de recortar los excedentes, las partes superiores se deberán tratar profusamente con aceite de creosota caliente y después con alquitrán. Se podrá emplear otro tratamiento, si así lo contemplan los documentos del proyecto o la autoriza el Interventor.

622.4.6 Limpieza

Terminado el trabajo de tablestacado, el Constructor deberá retirar del lugar de la obra todos los excedentes y recortes de las tablestacas y

demás desperdicios, transportarlos y disponerlos en lugares apropiados, a satisfacción del Interventor.

622.4.7 Manejo ambiental

Todas las determinaciones referentes a los trabajos de tablestado deberán ser tomadas considerando la protección del medio ambiente y las disposiciones vigentes sobre el particular.

Por ningún motivo se permitirá arrojar materiales sobrantes a los cursos de agua.

622.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

622.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan con los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.
- Verificar el cumplimiento de las normas ambientales aplicables.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado previamente, en cuanto a la hincapié de los elementos.
- Verificar que los elementos cumplan en cuanto a resistencia, composición y dimensiones.

Adicionalmente, el Interventor, en particular, adelantará los siguientes controles principales:

- Ordenar la ejecución de los ensayos de control de la madera, el concreto y del acero.
- Exigir la presentación de los planos de trabajo por parte del Constructor.

- Verificar que el Constructor emplee el equipo aprobado.
- Exigir al Constructor la adopción de medidas para garantizar la protección de las estructuras vecinas a la zona de trabajo.
- Medir, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas por el Constructor, en acuerdo a la presente especificación.

622.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

622.5.2.1 Calidad de los materiales

Las verificaciones de calidad de los materiales constitutivos de las tablestacas se realizarán conforme lo establece la especificación correspondiente a dicho material.

Previo a la construcción de las tablestacas se deberá presentar al Interventor, para su aprobación, un informe con una descripción detallada de todas las actividades, materiales, procedimientos y ensayos previstos, a efectos de garantizar la impermeabilidad, como lo indica el numeral 622.4.2.

622.5.2.2 Dimensiones, forma y peso

Las dimensiones, formas y peso de los elementos serán los que figuren en los planos y especificaciones particulares del proyecto, admitiéndose las tolerancias en dimensiones que indica la Tabla 622 - 1.

Tabla 622 – 1. Tolerancias en dimensiones

DIMENSIÓN	POSICIÓN DE LA CABEZA DE LA TABLESTACA (Todas las direcciones horizontales)
Longitud	Entre + 200 mm y - 50 mm
Ancho	Entre + 10 mm y - 10 mm
Espesor	Entre + 3 mm y - 3 mm

La flecha máxima, con respecto a la recta formada por los dos extremos del elemento, no será mayor a un doscientosavo ($1/200$) de su longitud (L).

622.5.2.3 Posición y verticalidad

Salvo que los documentos del proyecto establezcan algo en contrario, la posición y la verticalidad de las tablestacas, una vez colocadas, deberán cumplir las tolerancias especificadas en la Tabla 622 - 2.

Tabla 622 – 2. Tolerancia en posición y verticalidad

TIPO DE TABLESTACA	DESCRIPCIÓN	POSICIÓN DE LA CABEZA DE LA TABLESTACA (Todas las direcciones horizontales)	VERTICALIDAD DEL METRO SUPERIOR (Todas las direcciones)
Sencilla	En tierra y en agua	≤ 100 mm	≤ 1.5 %
Combinada	Pilotes primarios	≤ 20 mm	≤ 0.5 %

Los sistemas para medir la posición y la verticalidad del tablestacado deberán ser acordes con la tolerancia permitida y deberán ser aceptados y aprobados por el Interventor.

622.5.2.4 Consideraciones especiales

Si existen estructuras o instalaciones sensibles en el entorno de la obra, se deberá verificar, mediante pruebas de hinca o por experiencias previas, la seguridad de éstas; en todo caso, cualquier daño o perjuicio causado será responsabilidad del Constructor, quien deberá responder por ello con sus propios recursos.

Todo trabajo de tablestacas donde la calidad de los materiales o del producto terminado exceda las tolerancias indicadas en esta especificación y en las complementarias a ella, deberá ser corregido por el Constructor, a su costa, de acuerdo con las indicaciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

622.6 MEDIDA**622.6.1 Tablestacados**

La unidad de medida del tablestacado será el metro cuadrado (m^2), aproximado al decímetro, de tablestaca suministrada y colocada en obra, de acuerdo con los planos, esta especificación y las indicaciones del

Interventor, a plena satisfacción de éste. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

El área de los tablestacados, cualquiera que sea su tipo, se medirá sobre los planos del proyecto y teniendo en cuenta las modificaciones aprobadas por el Interventor.

622.6.2 Cortes de extremo superior

La unidad de medida para el corte del extremo superior del elemento, una vez hincado, será el metro lineal (m), aproximado al décimo de metro, debidamente aceptado por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se medirán cantidades en exceso de las indicadas en los documentos del proyecto u ordenadas por el Interventor. Tampoco se medirán, para efectos de pago, las lechadas de sello de tablestacados de concreto, los empalmes de soldadura de los tablestacados metálicos, ni los largueros, arriostramientos, macizos de anclaje, tirantes u otros miembros que el Constructor deba suministrar y que sean necesarios para ejecutar el trabajo.

622.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de suministro, transportes, manejo, almacenamiento, corte, limpieza, colocación de todos los materiales y elementos requeridos para la construcción del tablestacado, equipos y mano de obra necesarios para ejecutar correctamente el trabajo especificado de acuerdo con los planos, esta especificación y las instrucciones del Interventor.

El precio unitario deberá cubrir, además, los costos de permisos y patentes que utilice el Constructor, así como la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del trabajo especificado.

El precio unitario para el corte del extremo superior del elemento, para cada tipo de tablestacado, incluye los costos por concepto de mano de obra, equipo y el retiro de materiales sobrantes al sitio señalado por los documentos del proyecto o por el Interventor, y, en general, todo costo relacionado para terminar el trabajo de acuerdo con los planos y las instrucciones del Interventor.

Cada uno de los precios unitarios deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

622.8 ÍTEM DE PAGO

622.1	Tablestacado de madera	Metro cuadrado (m ²)
622.2	Tablestacado metálico	Metro cuadrado (m ²)
622.3	Tablestacado de concreto reforzado	Metro cuadrado (m ²)
622.4	Tablestacado de concreto preesforzado	Metro cuadrado (m ²)
622.5	Corte del extremo superior del elemento	Metro lineal (m)

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente
NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

ANCLAJES

ARTÍCULO 623 – 13

623.1 DESCRIPCIÓN

Un anclaje se define como un dispositivo capaz de transmitir una carga de tracción en una zona del terreno que pueda soportar dicho esfuerzo. Los anclajes consistirán en barras o cables de acero introducidos en el macizo rocoso mediante una perforación y adheridos a éste mediante una inyección de lechada o mortero de cemento, para que, una vez tensionados, formen un bulbo de empotramiento dentro de la masa del terreno.

Este trabajo consiste en la perforación de barrenos y la eventual colocación de conductos de protección para la perforación; en la introducción de barras o cables de acero con dimensiones adecuadas para resistir las exigencias de su tensionamiento; en la inyección de la lechada o mortero de cemento y en el tensionamiento del elemento de anclaje, de acuerdo con los documentos del proyecto y las instrucciones del Interventor.

623.2 MATERIALES

623.2.1 Barras y cables de acero

Las barras de acero y cables deberán cumplir los requisitos establecidos en los Artículos 640, “Acero de refuerzo”, y 641, “Acero de preesfuerzo”, respectivamente.

623.2.2 Conductos de protección

En especial, deberán ser continuos y estancos a la humedad. Las juntas deberán estar selladas herméticamente, de tal manera que se impida el paso de la humedad.

623.2.3 Cemento y agua

El agua y el cemento que se utilicen en la preparación del mortero deberán cumplir todos los requisitos estipulados para estos materiales. El cemento deberá cumplir con lo especificado en el Artículo 501, “Suministro de cemento hidráulico”, y deberá ser del tipo indicado en los

documentos del proyecto. El agua utilizada en la mezcla del concreto deberá estar limpia y libre de cantidades perjudiciales de cloruros, aceites, ácidos, álcalis, sales, materiales orgánicos y demás sustancias que puedan ser dañinas para el concreto o el anclaje, debiendo cumplir lo estipulado en el numeral 630.2.3 de Artículo 630. Si el agua a utilizar es potable, no se requerirá la elaboración de ensayos de calidad.

623.2.4 Arena

La arena para la preparación del mortero deberá cumplir los requisitos generales estipulados para el agregado fino que se emplee en concretos estructurales, de conformidad con lo indicado en el Artículo 630. Para una mejor manejabilidad del mortero, se podrá utilizar la granulometría que se indica en la Tabla 623 – 1.

Tabla 623 – 1. Granulometría del agregado para morteros utilizados en anclajes

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)		
	2.36	0.3	0.075
	No. 8	No.50	No.200
	PORCENTAJE QUE PASA (%)		
UNICA	100	20 - 60	0 - 3

623.2.5 Aditivos para la lechada o mortero de cemento

Los aditivos que se utilicen en la lechada o mortero de cemento se deberán someter a la aprobación previa del Interventor. No se podrán utilizar aditivos que contengan cloruro de calcio o iones de cloruro. El acelerante para mortero se deberá utilizar en proporciones tales que garanticen la resistencia del mortero a largo plazo y protejan el sistema de anclaje de la corrosión.

623.2.6 Resina sintética

La resina sintética deberá ser de marca aprobada por el Interventor y se deberá almacenar y manejar de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Si los documentos del proyecto o el Interventor lo indican, se deberán suministrar dos tipos de resina: una de fraguado rápido de tres a cinco minutos (3 a 5 min) a cinco grados Celsius (5° C), y otra de fraguado lento de quince a treinta minutos (15 a 30 min) a veinticinco grados Celsius (25° C).

623.2.7 Elementos de seguro para el tensionamiento

Serán los apropiados para tal fin, compatibles entre sí, y deberán contar con una adecuada calidad, soportar la tensión de diseño y ser avalados por el Interventor.

623.3 EQUIPO

El Constructor deberá proporcionar para la perforación equipos de rotación o de avance con percusión y lavado, dependiendo de las características del macizo a perforar. La capacidad de los equipos deberá ser compatible con los anclajes a instalar.

Para la inyección de la lechada se deberá disponer de una bomba con la capacidad necesaria para suministrar la presión de inyección requerida. El equipo deberá estar dotado de un manómetro adecuado para el control de la presión aplicada.

Los equipos de tensionamiento deberán ser calibrados regularmente y estar dotados con dispositivos permanentes de medida, que permitan calcular la fuerza total aplicada al anclaje durante el tensado.

623.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

623.4.1 Suministro, manejo y almacenamiento

El Constructor deberá suministrar todos los elementos necesarios, con las dimensiones y características adecuadas, para la correcta ejecución de las perforaciones e instalación de los anclajes.

El transporte y el manejo del equipo se deberán efectuar con las condiciones de seguridad necesarias para evitar inconvenientes y atrasos en la ejecución de los anclajes.

Todas las partes constitutivas del anclaje, sin excepción, deberán ser almacenadas y manipuladas en ambientes limpios y secos, cuidando de no causar deterioros, golpes, torceduras o curvaturas excesivas a los elementos, lo cual será causa de rechazo del anclaje.

623.4.2 Instalación

Las perforaciones para la instalación de los anclajes se deberán realizar exactamente del diámetro que indiquen los planos del proyecto o apruebe el Interventor y hasta las profundidades indicadas en los planos o recomendadas por el Interventor. Antes de instalar un anclaje, se deberá limpiar con aire a presión, utilizando un compresor que genere un volumen de aire no menor a siete (7) metros cúbicos por minuto (doscientos cincuenta (250) pies cúbicos por minuto).

La operación de tensado de los anclajes se deberá hacer, preferentemente, en una sola operación. La secuencia del proceso del tensado de los anclajes se deberá especificar antes del inicio de los trabajos.

Durante los ensayos y las fases de tensado de los anclajes se deberá asegurar que no se produzca ningún deterioro en ellos.

La inyección de la lechada o del mortero de cemento se realizará con equipos y procedimientos aprobados por el Interventor. El proceso de inyección se deberá empezar en la zona más baja y continuar hacia arriba sin interrupciones, una vez iniciada la operación. El método empleado deberá asegurar la eliminación del aire y del agua para conseguir rellenar íntegramente la perforación.

Cuando se utilice resina sintética, se hará siguiendo las instrucciones del fabricante para los sitios indicados y aprobados por el Interventor.

El tiempo transcurrido entre la perforación y la instalación del anclaje deberá ser el mínimo posible, pero en ningún caso podrá exceder de seis (6) horas.

623.4.3 Limpieza

Terminado el trabajo de colocación e instalación de los anclajes, el Constructor deberá retirar del lugar de la obra todos los excedentes y equipos empleados en la perforación. En cuanto a los desperdicios, estos deberán ser transportados y dispuestos en lugares apropiados, a plena satisfacción del Interventor.

623.4.4 Ensayos de carga

El ensayo de carga será realizado con el fin de evaluar la calidad y la resistencia de los anclajes. Las pruebas de carga se utilizarán para tres propósitos: en la fase de experimentación, para poner a punto los procedimientos constructivos; para la aceptación del trabajo, si así lo determinan los documentos del proyecto; o en caso de duda, para verificar la calidad de los anclajes.

La localización de los anclajes de prueba, las cargas máximas por aplicar, el equipo de prueba que deba suministrar el Constructor y la ejecución de las pruebas de carga, corresponderán a lo indicado en los planos o lo autorizado por el Interventor.

623.4.5 Manejo ambiental

Todas las determinaciones referentes a los trabajos de anclajes deberán ser tomadas considerando la protección del medio ambiente y de los recursos naturales, los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre el particular. En especial, se deberá tener especial cuidado en que todo material sobrante sea retirado de las proximidades del sitio de los anclajes, transportado y depositado en vertederos autorizados, donde no pueda contaminar las fuentes de agua.

623.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

623.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos se adelantarán, principalmente, los siguientes controles:

- Verificar el estado de funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Comprobar que los materiales que van a ser utilizados cumplan con los requisitos de calidad establecidos en el presente Artículo.
- Efectuar los ensayos de control que sean necesarios.
- Supervisar la correcta aplicación del método previamente aceptado para la instalación de los anclajes.

- Medir las cantidades de obra correctamente ejecutadas.

El Interventor ordenará las pruebas necesarias para comprobar la capacidad de los anclajes.

623.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

623.5.2.1 Calidad de los materiales

En relación con la calidad de los materiales que componen el anclaje y la inyección, se deberá cumplir con todas sus características y, en especial, con lo establecido en el numeral 623.2.

623.5.2.2 Tolerancias de construcción

En la construcción de anclajes, se aceptarán las siguientes tolerancias de construcción:

- El desplazamiento de la cabeza del anclaje no deberá diferir de lo prescrito, en más de cincuenta milímetros (50 mm), medidos en cualquier dirección.
- El alineamiento de la excavación del anclaje no deberá variar del alineamiento proyectado en más de veinte milímetros por metro de profundidad (20 mm/m), medidos en cualquier dirección.

623.5.2.3 Pruebas de carga

Si en la realización de las pruebas de carga establecidas en los planos u ordenadas por el Interventor, se producen desplazamientos mayores a los permitidos en los documentos del proyecto o en esta especificación, el Interventor podrá ordenar la ejecución de nuevas series de control sobre muestras de tres (3) anclajes por cada anclaje defectuoso encontrado, sin que ello implique costo adicional alguno para el Instituto Nacional de Vías.

Todo anclaje defectuoso por problemas de calidad de los materiales, por incumplimiento en las tolerancias de construcción o por comportamiento no satisfactorio en las pruebas de carga deberá ser reemplazado por el

Constructor por uno o varios anclajes nuevos, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de manera que se conserven las condiciones de resistencia, seguridad y funcionalidad del diseño original. El plan de disposición de los nuevos anclajes que proponga el Constructor para suplir los anclajes deficientes deberá ser aprobado por el Interventor.

623.6 MEDIDA

623.6.1 Anclajes

La unidad de medida será el metro lineal (m), aproximado al decímetro, de anclaje construido satisfactoriamente, con las dimensiones y alineamientos mostrados en los planos o indicados por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se medirán, para efectos de pago, longitudes de anclaje en exceso de las indicadas en los planos u ordenadas por el Interventor.

El Interventor solo medirá los anclajes cuando el Constructor los haya completado totalmente y hayan superado las pruebas de calidad establecidas en los documentos del proyecto y esta especificación.

623.6.2 Pruebas de carga

Las pruebas de carga se medirán por unidad (u), computándose únicamente las establecidas en los documentos del proyecto u ordenadas por el Interventor. No se contabilizarán para pago aquellas realizadas debido a los anclajes que no superen la prueba de carga, como se indica en el numeral 623.5.2.3.

Las pruebas de carga realizadas en anclajes por dudas en la calidad del mismo debido a trabajos defectuosos imputables al Constructor, no se medirán ni se pagarán, como tampoco las que se efectúen por solicitud de éste último.

623.7 FORMA DE PAGO

623.7.1 Anclajes

El pago se hará al precio unitario del contrato. Deberá cubrir el suministro e instalación de las barras y cables de anclaje. También deberá incluir el suministro e instalación de todos los materiales y accesorios adicionales necesarios; la perforación de los barrenos; el suministro e instalación de los conductos de protección, cuando se requieran; el suministro e inyección de la lechada o mortero; el tensionamiento y, en general, el suministro de todos los equipos y mano de obra necesarios para realizar correctamente los trabajos correspondientes a esta unidad de obra. No se pagarán el retiro y el reemplazo de los anclajes que no hayan cumplido, totalmente y a plena satisfacción del Interventor, las pruebas de calidad.

El precio unitario deberá considerar, además, los costos de patentes que utilice el Constructor, la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del trabajo especificado.

El precio unitario deberá incluir, también, la administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

623.7.2 Pruebas de carga

Se pagarán al precio unitario del contrato, el cual deberá incluir todos los costos relacionados con su correcta ejecución, según lo determine el Interventor.

El precio unitario deberá incluir, también, la administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

623.8 ÍTEM DE PAGO

623.1	Anclaje tipo _____	Metro lineal (m)
623.2	Prueba de carga	Unidad (u)

CONCRETO ESTRUCTURAL

ARTÍCULO 630 – 13

630.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro de materiales, fabricación, transporte, colocación, vibrado, curado y acabado de los concretos de cemento hidráulico, utilizados para la construcción de puentes, estructuras de drenaje, muros de contención y estructuras en general, de acuerdo con los planos y demás documentos del proyecto y las instrucciones del Interventor.

No se consideran los pavimentos de concreto hidráulico, las bases de concreto hidráulico y los adoquines de concreto, los cuales se encuentran contemplados en los Artículos 500, 505 y 510, respectivamente.

630.2 MATERIALES

630.2.1 Cemento

El cemento utilizado será hidráulico, de marca aprobada oficialmente, el cual deberá cumplir lo indicado en el Artículo 501. Si los documentos del proyecto o una especificación particular no señalan algo diferente, se empleará cemento hidráulico de uso general: Portland tipo I (norma ASTM C-150); tipo IS o IP (norma ASTM C595); o tipo GU (norma ASTM C1157).

El Constructor deberá presentar los resultados de todos los ensayos físicos y químicos relacionados con el cemento, como parte del diseño de la mezcla.

Si por alguna razón el cemento ha fraguado parcialmente o contiene terrones del producto endurecido, no podrá ser utilizado. Tampoco se permitirá el empleo de cemento extraído de bolsas usadas en jornadas anteriores.

630.2.2 Agregados

630.2.2.1 Agregado fino

Se considera como tal, a la fracción que pase el tamiz de 4.75 mm (No. 4). Provenirá de arenas naturales o de la trituration

de rocas, gravas, escorias siderúrgicas u otro producto que resulte adecuado, a juicio del Interventor. El porcentaje de arena de trituración no podrá constituir más del treinta por ciento (30 %) del agregado fino.

El agregado fino deberá cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 630 - 1 y su gradación se deberá ajustar a la indicada en la Tabla 630 - 2.

En ningún caso, el agregado fino podrá tener más de cuarenta y cinco por ciento (45 %) de material retenido entre dos tamices consecutivos de los mostrados en la Tabla 630-2. Además, el módulo de finura deberá estar entre 2.3 y 3.1.

Durante el período de construcción no se permitirán variaciones mayores de dos décimas (0.2) en el módulo de finura, con respecto al valor correspondiente a la curva adoptada para la fórmula de trabajo.

Los porcentajes mínimos de material que pasan los tamices de 0.3 mm (No. 50) y de 0.15 mm (No. 100) indicados en la Tabla 630 – 2 pueden reducirse a 5 y 0 respectivamente en los siguientes casos:

- El agregado fino va a ser usado en un concreto con aire incluido que tenga más de 237 kilogramos de cemento por metro cúbico; se considera que un concreto con aire incluido es aquel se elabora con un cemento con inclusor de aire o que tiene un aditivo inclusor de aire, y que el contenido de aire incluido es 3.5 % como mínimo.
- El agregado fino va a ser usado en un concreto sin aire incluido que tenga más de 297 kilogramos de cemento por metro cúbico.

Un agregado fino que no cumpla los requisitos de granulometría y módulo de finura especificados en este numeral, puede ser aceptado si se demuestra, a juicio del Interventor que hay una evidencia adecuada de comportamiento satisfactorio de concretos del mismo tipo y para el mismo uso, contruidos con ese agregado.

Tabla 630 – 1. Requisitos del agregado fino para concreto estructural

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Durabilidad (O)		
Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%)	E-220	10 15
- Sulfato de sodio		
- Sulfato de magnesio		
Limpieza (F)		
Límite líquido, máximo (%)	E-125	-
Índice de plasticidad (%)	E-125 y E-126	No plástico
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	60
Valor de azul de metileno, máximo	E-235	5
Terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	1
Partículas livianas, máximo (%)	E-221	0.5
Material que pasa el tamiz de 75 μ m (No. 200), máximo (%)	E-214	5
Contenido de materia orgánica (F)		
Color más oscuro permisible	INV E-212	Igual a Muestra patrón
Características químicas (O)		
Contenido de sulfatos, expresado como $\text{SO}_4^{=}$, máximo (%)	INV E-233	1.2
Absorción (O)		
Absorción de agua, máximo (%)	E-222	4

Tabla 630 – 2. Granulometría del agregado fino para concreto estructural

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)						
	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15
	3/8"	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100
	PORCENTAJE QUE PASA (%)						
UNICA	100	95-100	80-100	50-85	25-60	10-30	2-10

630.2.2.2 Agregado grueso

Para el objeto del presente Artículo, se denominará agregado grueso la porción del agregado retenida en el tamiz 4.75 mm (No. 4). Dicho agregado deberá proceder de la trituration de

roca o de grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan afectar adversamente la calidad de la mezcla. No se permitirá la utilización de agregado grueso proveniente de escorias de alto horno.

El agregado grueso deberá cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 630 - 3 y su gradación se deberá ajustar a alguna de las indicadas en la Tabla 630 - 4. La gradación por utilizar será la especificada en los documentos del proyecto para cada clase de concreto, cuyo tamaño máximo dependerá de la estructura de que se trate, la separación del refuerzo y la clase de concreto especificado.

La curva granulométrica obtenida al mezclar los agregados grueso y fino en el diseño y construcción del concreto, deberá ser continua y asemejarse a las teóricas obtenidas al aplicar las fórmulas de Fuller o Bolomey.

Tabla 630 – 3. Requisitos del agregado grueso para concreto estructural

REQUISITO	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%)	E-218	40 8
- En seco, 500 revoluciones, máximo (%)		
- En seco, 100 revoluciones, máximo (%)		
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) (Nota 1)	E-220	12 18
- Sulfato de sodio		
- Sulfato de magnesio		
Limpieza (F)		
Terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	0.25
Partículas livianas, máximo (%)	E-221	1.0
Geometría de las partículas (F)		
Índice de alargamiento, máximo (%)	E-230	25
Índice de aplanamiento, máximo (%)	E-230	25
Características químicas (O)		
Contenido de sulfatos, expresado como $\text{SO}_4^{=}$, máximo (%)	E-233	1.0

Tabla 630-4. Franjas granulométricas de agregado grueso para concreto estructural

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
	63	50	37.5	25.0	19.0	12.5	9.5	4.75	2.36
	2,5 "	2"	1 1/2 "	1 "	3/4 "	1/2 "	3/8 "	No. 4	No. 8
	PORCENTAJE QUE PASA (%)								
AG-19	-	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5
AG-25	-	-	-	100	95-100	-	20-55	0-10	0-5
AG-38	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5
AG-50-1	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-
AG-63-1	100	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5	-
AG-50-2	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5	-	-
AG-63-2	100	95-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-

630.2.2.3 Reactividad

Para evaluar el potencial de que se presenten expansiones perjudiciales en el concreto debido a la reactividad de los agregados con los álcalis del cemento (reactividad álcali-sílice o álcali-carbonatos), se deberán seguir los lineamientos de las normas ASTM C33 y NTC 174.

630.2.2.3.1 Evaluación de estructuras en servicio comparables

Como criterio para calificar la reactividad potencial, deberá prevalecer, de preferencia, la evaluación de estructuras en servicio que sean comparables; las estructuras deben haber sido construidas empleando los mismos agregados y el mismo cemento y deben tener, en general, al menos 10 años de servicio bajo condiciones de exposición suficientemente similares a las de la nueva estructura que se va a construir.

Para estructuras que estén diseñadas para períodos de diseño especialmente largos, o si los resultados de ensayos de laboratorio muestran que los agregados pueden ser perjudicialmente reactivos,

las estructuras en servicio que sean comparables deberán tener más de 20 años.

630.2.2.3.2 Inspección petrográfica

La inspección petrográfica para determinar si los agregados contienen sustancias que potencialmente pueden ser perjudicialmente reactivas y en qué cantidades están presentes, se deberá realizar siguiendo las normas ASTM C195 y NTC 3773.

630.2.2.3.3 Reactividad álcali-sílice

Los agregados fino y grueso no deberán presentar reactividad potencial del sílice presente en ellos con los álcalis del cemento. Se considera que el agregado es potencialmente reactivo, si al determinar su concentración de SiO_2 y la reducción de alcalinidad R, mediante la norma INV E-234, se obtienen los siguientes resultados:

$\text{SiO}_2 > R$	cuando $R \geq 70$	[630.1]
$\text{SiO}_2 > 35 + 0.5 R$	cuando $R < 70$	[630.2]

Si en la mezcla se emplean arenas provenientes de escorias siderúrgicas, se comprobará que no contengan silicatos inestables ni compuestos ferrosos.

Si el agregado califica como potencialmente reactivo con base en los criterios anteriores, no debe ser utilizado en la producción de concretos, a no ser que se demuestre que no es nocivo para el concreto con base en evaluaciones complementarias, como las indicadas en el apéndice de la especificación

ASTM C33, en especial las que hacen referencia a las normas ASTM C 227 y C 1260.

630.2.2.3.4 Reactividad álcali-carbonatos

Los carbonatos presentes en los agregados fino y grueso no deberán presentar reactividad potencial con los álcalis del cemento. Aunque los agregados que pueden desarrollar potenciales reacciones perjudiciales álcali-carbonatos son poco frecuentes y rara vez hacen parte de los agregados con los cuales se elabora el concreto, si hay sospecha de su existencia se recurrirá a las normas de ensayo ASTM C 586 o ASTM C 1105 para calificar su potencial reactivo.

630.2.2.4 Agregado ciclópeo

El agregado ciclópeo será roca triturada o canto rodado de buena calidad. El agregado será preferiblemente angular y su forma tenderá a ser cúbica. La relación entre las dimensiones mayor y menor de cada piedra no será mayor que dos a uno (2:1).

El tamaño máximo admisible del agregado ciclópeo dependerá del espesor y del volumen de la estructura de la cual formará parte. En cabezales, aletas y obras similares con espesor no mayor de ochenta centímetros (80 cm), se admitirán agregados ciclópeos con dimensión máxima de treinta centímetros (30 cm). En estructuras de mayor espesor se podrán emplear agregados de mayor tamaño, previa autorización del Interventor y con las limitaciones establecidas en el numeral 630.4.8.3.

El material constitutivo del agregado ciclópeo no podrá presentar un desgaste mayor de cincuenta por ciento (50 %), al ser sometido a la prueba de Los Ángeles, gradación E, según la norma de ensayo INV E-219.

630.2.3 Agua

El agua que se emplee para las mezclas de concreto hidráulico deberá ser limpia y libre de aceites, ácidos, azúcar, materia orgánica y cualquier otra sustancia perjudicial al concreto terminado. En general, se considera adecuada el agua potable y ella se podrá emplear sin necesidad de realizar ensayos de calificación.

Cuando se empleen otras fuentes o cuando se mezcle agua de dos o más procedencias, el agua deberá ser calificada mediante ensayos. Los requisitos primarios para esta calificación serán los incluidos en la Tabla 630 - 5.

Tabla 630 -5.Requisitos para el agua de mezcla

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO	LÍMITES
pH	ASTM D 1293	5.5 – 8.5
Resistencia a compresión, % mínimo en control a 7 días	INV E-410	90
Tiempo de fraguado, desviación respecto del tiempo de control (horas:minutos)	ASTM C 403	de 1:00 inicial a 1:30 final

El requisito de resistencia a compresión se refiere al porcentaje mínimo de resistencia a compresión a veintiocho (28) días de una mezcla de concreto con el agua que se desea emplear, respecto de otra elaborada con los mismos agregados y cemento, en las mismas proporciones, pero empleando un agua calificada, pudiéndose emplear agua destilada para este fin.

En relación con el requisito sobre tiempo de fraguado, las medidas se realizarán mediante la resistencia a penetración de morteros extraídos de muestras de concreto, elaboradas como se describió en el párrafo anterior.

Los requisitos que se muestran en la Tabla 630-6 se consideran opcionales y sirven solamente para que el productor de la mezcla mantenga documentada la química y el contenido del agua de mezclado, salvo que los documentos del proyecto o una especificación particular invoquen el cumplimiento de uno o más de ellos.

Tabla 630 – 6.Límites químicos opcionales para el agua de mezclado

CONTAMINANTE	NORMA DE ENSAYO	LÍMITE MÁXIMO (ppm) (Nota 2)
Ión Cloro (Cl^-)	ASTM C 114	1000
Sulfatos ($\text{SO}_4^{=}$)	ASTM C 114	3000
Álcalis como ($\text{Na}_2\text{O} + 0.658 \text{ K}_2\text{O}$)	ASTM C 114 (Nota 1)	600
Sólidos totales por masa	ASTM C 1603	5000

Nota 1: Se pueden emplear también las normas ASTM D 4191 y ASTM D 4192

Nota 2: ppm corresponde a partes por millón

630.2.4 Aditivos

Se podrán usar aditivos de reconocida calidad para modificar las propiedades del concreto, con el fin de que sea más adecuado para las condiciones particulares de la estructura por construir. Su empleo se deberá definir por medio de ensayos efectuados con antelación a la obra, con dosificaciones que garanticen el efecto deseado, sin perturbar las propiedades restantes de la mezcla.

Los aditivos y adiciones deberán estar libres de sustancias que, por su naturaleza o cantidad, afecten la resistencia o la durabilidad del concreto, armaduras, aceros de alta resistencia u otros elementos insertados.

Especialmente, se deberá evitar el uso de aditivos que, por su alto contenido de cloruros, pudieran acelerar la corrosión del acero de alta resistencia para el concreto pre-tensado o post-tensado.

Los aditivos reductores de agua y para control de fraguado deberán cumplir los requisitos de la norma ASTM C-494; los inclusores de aire cumplirán las exigencias de la norma ASTM C-260 y los puzolánicos habrán de satisfacer las exigencias de la norma ASTM C-618.

El uso del aditivo será responsabilidad directa del Constructor, así haya sido aprobado por el Interventor.

630.2.5 Productos para el curado del concreto

El curado del concreto se podrá llevar a cabo por medio de:

- Humedad.
- Cubrimiento con películas líquidas.
- Cubrimiento con membranas.

630.2.5.1 Curado por humedad

Si el curado se realiza mediante humedad, el agua utilizada deberá cumplir los requisitos establecidos en el numeral 630.2.3. El material de cobertura podrá ser tela de fique o algodón, arena u otro producto de alta retención de humedad.

630.2.5.2 Cubrimiento con películas líquidas

Para el recubrimiento con películas líquidas, se empleará un producto de reconocida calidad que, aplicado mediante aspersión sobre la superficie de la estructura, genere una película que garantice el correcto curado de ésta. Deberá ser de un color claro para reflejar la luz y deberá permitir la verificación de la homogeneidad del vaciado de la mezcla.

La efectividad de los productos de curado se debe demostrar mediante experiencias previas exitosas o ensayos al inicio de la colocación del concreto. Deberán cumplir con la especificación ASTM C 309, tipo 2 clase B, o clase A sólo si la base es de parafina.

630.2.5.3 Cubrimiento con membranas.

Las láminas de curado pueden ser de polietileno blanco o de papel de curado, que cumplan con la especificación ASTM C 171.

630.2.6 Clases de concreto

Los documentos del proyecto definirán las diferentes clases del concreto. Cada clase de concreto deberá estar caracterizada, como mínimo, con los siguientes parámetros:

- Tipo de uso: concreto pretensado, postensado, reforzado, simple o ciclópeo.
- Tipo de colocación especial, si aplica. Por ejemplo: para instalar con bomba, para instalar bajo agua (tremie).
- Categoría y clase de exposición: se deberá definir de acuerdo con la norma NSR-10, título A, capítulo C.4, “Requisitos de durabilidad”, o la norma que la actualice o sustituya.
- Requisitos asociados a la clase de exposición, según la misma norma: relación agua/material cementante, resistencia mínima a la compresión, contenido de aire y tipo de material cementante, entre otros.
- Tipo de cemento hidráulico, el cual debe ser definido en función de las condiciones particulares de cada estructura, teniendo en cuenta los requisitos asociados a la clase de exposición.
- Aditivos, si se requieren.
- Tamaño máximo y tipo de gradación del agregado grueso.
- Relación agua/cemento, valor máximo.
- Resistencia a la compresión inconfiada (norma de ensayo INV E-410) para una edad específica, valor mínimo definido en el diseño, el cual deberá corresponder a la clase de exposición, pero no podrá ser inferior al indicado en la Tabla 630 – 7 para cada tipo de uso.
- Asentamiento (norma de ensayo INV E-404), intervalo de valores.
- Contenido de aire (norma de ensayo INV E-406), intervalo de valores.

Tabla 630 – 7. Valores mínimos de resistencia del concreto estructural

TIPO DE USO	RESISTENCIA MÍNIMA A LA COMPRESIÓN, A 28 DÍAS (MPa)
Concreto pretensado y postensado	32
Concreto reforzado	21
Concreto simple (sin refuerzo)	14
Concreto ciclópeo: se compone de concreto simple y agregado ciclópeo en una proporción de 40 %, como máximo, del volumen total.	14

630.3 EQUIPO

Los principales equipos y herramientas requeridos para la elaboración de concretos y la construcción de estructuras con este material, son los siguientes:

630.3.1 Equipo para la elaboración de agregados

Para la elaboración de los agregados pétreos se requieren equipos para su explotación, cargue, transporte y proceso. La unidad de proceso consistirá en una unidad clasificadora y una planta de trituración provista de trituradoras primaria, secundaria y terciaria siempre que esta última se requiera, así como un equipo de lavado. La planta deberá estar provista de los filtros y demás accesorios necesarios para controlar la contaminación ambiental, de acuerdo con la reglamentación vigente.

630.3.2 Central de fabricación de la mezcla

El concreto se fabricará en centrales de mezcla discontinua, capaces de manejar simultáneamente el número de fracciones de agregados que exija la fórmula de trabajo adoptada.

Las tolvas para agregados deberán tener paredes resistentes y estancas, bocas de anchura suficiente para que su alimentación se efectúe correctamente, y estarán provistas de dispositivos para evitar intercontaminaciones; su número mínimo será función del número de fracciones de agregado pétreo que exija la fórmula de trabajo adoptada.

Para el cemento a granel se utilizará una báscula independiente de la utilizada para los agregados. El mecanismo de carga deberá estar protegido contra un eventual cierre antes de que la tolva de pesada estuviera adecuadamente cargada. El de descarga, contra una eventual apertura antes que la carga del cemento en la tolva de pesada hubiera finalizado, y que la masa del cemento en ella difiera en menos del uno por ciento ($\pm 1\%$) de la especificada; además, el mecanismo estará diseñado de forma que permita la regulación de la salida del cemento sobre los agregados.

La dosificación de los agregados se podrá efectuar por pesadas acumuladas en una (1) sola tolva o individualmente con una (1) tolva de pesada independiente para cada fracción. En el primer caso, las descargas de las tolvas de alimentación y la descarga de la tolva de pesada estarán protegidas de forma que:

- No podrá descargar más de una (1) tolva al mismo tiempo.
- El orden de descarga no podrá ser distinto al previsto.

La tolva de pesada no se podrá descargar hasta que haya sido depositada en ella la cantidad requerida de cada uno de los agregados y estén cerradas todas las descargas de las otras tolvas.

Si se emplea una sola tolva para la dosificación de los agregados, la masa acumulada que se mida en la tolva cada vez que se incorpora una fracción del agregado no podrá diferir en más de uno por ciento ($\pm 1 \%$) de la correspondiente a la dosificación teórica.

Si se emplean tolvas de pesada independientes para cada fracción, todas ellas deberán poder ser descargadas simultáneamente. La masa de agregado en cada tolva no podrá diferir en más de dos por ciento ($\pm 2 \%$) de la correspondiente a la dosificación teórica.

No se permitirá que se descargue parte alguna de la dosificación, hasta que todas las tolvas de los agregados y la del cemento estén correctamente cargadas, dentro de los límites especificados. Una vez comenzada la descarga, no se podrá comenzar una nueva dosificación hasta que las tolvas de pesada estén vacías, sus compuertas de descarga cerradas y los indicadores de masa de las balanzas en cero (0), con una tolerancia del tres por mil ($\pm 0.3 \%$) de su capacidad total.

Los dosificadores ponderales deberán estar aislados de vibraciones y de movimientos de otros equipos de la central, de forma que, cuando éstos funcionen, sus lecturas, después de paradas las agujas, no difieran de la masa designada en más del uno por ciento ($\pm 1 \%$) para el cemento, uno y medio por ciento ($\pm 1.5 \%$) para cada fracción del agregado o uno por ciento ($\pm 1 \%$) para el total de las fracciones, si la masa de éstas se determina conjuntamente. Su precisión no deberá ser inferior al cinco por mil ($\pm 0.5 \%$) para los agregados, ni al tres por mil ($\pm 0.3 \%$) para el cemento. El agua añadida se medirá en masa o volumen, con una precisión no inferior al uno por ciento ($\pm 1 \%$) de la cantidad total requerida.

Una vez fijadas las proporciones de los componentes, la única operación manual que se podrá efectuar para dosificar los agregados y el cemento de una amasada, será la de accionamiento de interruptores o conmutadores. Los mandos del dosificador deberán estar en un

compartimento fácilmente accesible, que pueda ser cerrado con llave cuando así se requiera.

Si se prevé la incorporación de aditivos a la mezcla, la central deberá poder dosificarlos con precisión suficiente. Los aditivos en polvo se dosificarán en masa y los aditivos en forma de líquido o de pasta en masa o en volumen, con una precisión no inferior al tres por ciento ($\pm 3\%$) de la cantidad especificada de producto.

El temporizador del amasado y el de la descarga del mezclador deberán estar protegidos de tal forma que, durante el funcionamiento del mezclador, no se pueda producir la descarga hasta que haya transcurrido el tiempo de amasado previsto.

630.3.3 Mezcla en el sitio

Se permite el empleo de mezcladoras estacionarias en el lugar de la obra, previa autorización del Interventor, cuya capacidad no deberá exceder de tres metros cúbicos (3 m^3).

630.3.4 Elementos de transporte

La utilización de cualquier sistema de transporte o de conducción del concreto deberá contar con la aprobación del Interventor. Dicha aprobación no deberá ser considerada como definitiva por el Constructor y se da bajo la condición de que el uso del sistema de conducción o transporte se suspenda inmediatamente, si el asentamiento o la segregación de la mezcla exceden los límites especificados.

Cuando la distancia de transporte sea mayor de trescientos metros (300 m), no se podrán emplear sistemas de bombeo, sin la aprobación del Interventor. Cuando el concreto se vaya a transportar en vehículos a distancias superiores a seiscientos metros (600 m), el transporte se deberá efectuar en camiones mezcladores.

630.3.5 Formaleta y obra falsa

El Constructor deberá suministrar e instalar todas las formaletas necesarias para confinar y dar forma al concreto, de acuerdo con las líneas mostradas en los planos u ordenadas por el Interventor. Las formaletas podrán ser de madera o metálicas y se deberán poder ensamblar firmemente y tener la resistencia suficiente para contener la

mezcla de concreto, sin que se formen combas entre los soportes u otras desviaciones de las líneas y contornos que muestran los planos, ni se pueda escapar el mortero.

Las formaletas de madera podrán ser de tabla cepillada o de triplex, y deberán tener un espesor uniforme.

La obra falsa o armazones provisionales deberán ser contruidos sobre cimientos suficientemente resistentes para soportar las cargas sin asentamientos perjudiciales. Toda la obra falsa deberá ser diseñada y contruida con la solidez necesaria que le permita soportar, sin sufrir deformación apreciable, las cargas a que estará sometida, las cuales deberán incluir, además del peso de la superestructura, las correspondientes a las formaletas, arriostramientos, pistas de tráfico y demás cargas que le puedan ser impuestas durante la construcción. La obra falsa deberá ser convenientemente apuntalada y amarrada para prevenir distorsiones y movimientos que puedan producir vibraciones y deformaciones en la formaleta de la superestructura.

630.3.6 Elementos para la colocación del concreto

El Constructor deberá disponer de los medios de colocación del concreto que permitan una buena regulación de la cantidad de mezcla depositada, para evitar salpicaduras, segregación y choques contra las formaletas o el refuerzo.

630.3.7 Vibradores

Los vibradores para compactación del concreto deberán ser de tipo interno, y deberán operar a una frecuencia no menor de seis mil (6,000) ciclos por minuto y ser de una intensidad suficiente para producir la plasticidad y adecuada consolidación del concreto, pero sin llegar a causar la segregación de los materiales.

Para fundiciones delgadas, donde las formaletas estén especialmente diseñadas para resistir la vibración, se podrán emplear vibradores externos de formaleta.

630.3.8 Equipos varios

El Constructor deberá disponer de elementos para usos varios, entre ellos los necesarios para la ejecución de juntas, la corrección superficial del

concreto terminado, la aplicación de productos de curado, equipos para limpieza, etc.

630.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

630.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el Artículo 105, “Desarrollo y control de los trabajos”, numeral 105.13.3.

630.4.2 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

La dosificación del concreto determinará las proporciones en que deben combinarse los diferentes materiales componentes como son: agregados, cemento, agua y eventualmente, aditivos, de modo de obtener un concreto que cumpla con la resistencia, manejabilidad, durabilidad y demás exigencias requeridas por las especificaciones particulares del proyecto, las presentes especificaciones y las dadas por el Interventor.

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el Constructor deberá suministrar al Interventor, para su verificación, muestras representativas de los agregados, cemento, agua y eventuales aditivos por utilizar, avaladas por los resultados de ensayos de laboratorio que garanticen la conveniencia de emplearlos en el diseño de la mezcla.

Una vez el Interventor realice las comprobaciones que considere necesarias y dé su aprobación a los materiales con base en el cumplimiento de los requisitos de la presente especificación, el Constructor diseñará la mezcla y definirá una fórmula de trabajo, la cual someterá a consideración del Interventor. Dicha fórmula señalará:

- El tipo y la marca de cemento.
- Las proporciones en que se deben mezclar los agregados disponibles y la gradación media a que da lugar dicha mezcla, por los tamices correspondientes a la granulometría aceptada, así como la franja de tolerancia dentro de la cual es válida la fórmula propuesta.
- Las dosificaciones de cemento, agregados grueso y fino y aditivos en polvo, en peso por metro cúbico de concreto. La cantidad de agua y aditivos líquidos se podrá dar por peso o por volumen. Cuando se

contabilice el cemento por bolsas, la dosificación se hará en función de un número entero de bolsas.

- La resistencia a compresión de la mezcla a siete (7) y veintiocho (28) días de curado, o las edades que se fijen para cada clase de concreto, la cual se medirá según la norma INV E-410.
- La consistencia del concreto, cuyo asentamiento se deberá encontrar dentro de los límites indicados en los documentos del proyecto para cada clase de concreto, el cual se medirá según norma de ensayo INV E-404. Si los documentos del proyecto no indican los límites para el asentamiento del concreto, regirán los indicados en la Tabla 630 – 8.

Tabla 630 – 8. Límites para el asentamiento del concreto

TIPO DE ELEMENTO	ASENTAMIENTO NOMINAL (mm)	ASENTAMIENTO MÁXIMO (mm)
Elementos contruidos con formaleta, secciones de más de 30 cm de espesor	10-30	50
Elementos contruidos con formaleta, secciones de 30 cm de espesor o menos	10-40	50
Pilas vaciadas in-situ	50-80	90
Concreto colocado bajo agua	50-80	90

La fórmula de trabajo se deberá reconsiderar cada vez que varíe alguno de los siguientes factores:

- El tipo, la clase o la categoría del cemento o su marca.
- El tipo, absorción y tamaño máximo del agregado grueso.
- El módulo de finura del agregado fino en más de dos décimas (0.2).
- La gradación del agregado combinado en una magnitud tal, que ella se salga de la tolerancia fijada.
- La naturaleza y la proporción de los aditivos.
- El método de puesta en obra del concreto.

El Constructor deberá considerar que el concreto deberá ser dosificado y elaborado para asegurar una resistencia a la compresión promedio suficientemente superior a la especificada en los planos del proyecto,

según la clase de concreto, de manera que se minimice la frecuencia de los resultados de pruebas por debajo del valor de especificado. Con este fin, el Constructor deberá tener en cuenta que la magnitud en que el promedio de resistencia de la mezcla deba exceder la resistencia especificada de diseño dependerá de la desviación estándar de la resistencia durante la etapa de producción y de la precisión con la que dicho valor pueda ser estimado a partir de datos históricos sobre mezclas iguales o similares.

Al efectuar las cochadas de tanteo en el laboratorio para el diseño de la mezcla, las muestras para los ensayos de resistencia deberán ser preparadas y curadas de acuerdo con la norma INV E-402 y ensayadas según la norma de ensayo INV E-410. Se deberán elaborar curvas que muestren la variación de la resistencia a compresión a veintiocho (28) días (o a la edad definida para la clase de concreto) en función de la relación agua/cemento y del contenido de cemento. Estas curvas se deberán basar en no menos de tres (3) puntos y preferiblemente cinco (5), que representen cochadas que den lugar a resistencias a compresión por encima y por debajo de la requerida. Cada punto deberá representar el promedio de, por lo menos, tres (3) cilindros ensayados a veintiocho (28) días (o a la edad definida para la clase de concreto).

Los valores de relación agua/cemento máxima y contenido mínimo de cemento admisibles por resistencia para el concreto a ser empleado en la estructura, serán los que permitan obtener una resistencia promedio por encima la resistencia de diseño del elemento, según lo indica la Tabla 630 - 9.

En todos los casos, la relación agua/cemento y el contenido de cemento deben cumplir con los valores máximo y mínimo, respectivamente, permitidos por las consideraciones de durabilidad correspondientes a la clase de concreto definida en los documentos del proyecto, de acuerdo con el numeral 630.2.6.

Tabla 630 – 9. Resistencia promedio requerida a la compresión

RESISTENCIA DE DISEÑO A LA COMPRESIÓN (f'_c)		RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA A LA COMPRESIÓN	
MPa	kg/cm ²	MPa	kg/cm ²
< 21	< 210	$f'_c + 7$	$f'_c + 70$
21 – 35	210 - 350	$f'_c + 8.5$	$f'_c + 85$
> 35	> 350	$f'_c + 10$	$f'_c + 100$

Cuando se especifique concreto con inclusor de aire, éste deberá cumplir con los requisitos indicados en el numeral 630.2.4; la cantidad de aditivo utilizado deberá producir el contenido de aire incluido que indique en los documentos del proyecto. La cantidad de aire incluido se determinará según la norma de ensayo INV E-406.

La aprobación que dé el Interventor al diseño de la mezcla no implica necesariamente la aceptación posterior de las obras de concreto que se construyan con base en dicho diseño, ni exime al Constructor de su responsabilidad de cumplir con todos los requisitos de las especificaciones y los planos. La aceptación de las obras para fines de pago dependerá de su correcta ejecución y de la obtención de la resistencia a compresión mínima especificada para la respectiva clase de concreto, resistencia que será comprobada con base en las mezclas realmente incorporadas en tales obras.

No se permitirá ningún cambio al diseño de la mezcla, sin autorización del Interventor.

630.4.3 Preparación de la zona de los trabajos

La excavación necesaria para las cimentaciones de las estructuras de concreto y su preparación para la cimentación, incluyendo su limpieza y apuntalamiento, cuando sea necesario, se deberá efectuar conforme se estipula en el Artículo 600. Cualquier deterioro ocurrido después de terminada la excavación, deberá ser subsanado por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, empleando procedimientos aceptables para el Interventor.

630.4.4 Instalación de la formaleta y obra falsa

Todas las formaletas para confinar y soportar la mezcla de concreto mientras se endurece deberán ser diseñadas por el Constructor y aprobadas por Interventor. Las formaletas deberán ser diseñadas de tal manera, que permitan la colocación y la consolidación adecuada de la mezcla en su posición final y su fácil inspección; así mismo, deberán ser suficientemente herméticas para impedir pérdidas del mortero de la mezcla.

La aprobación del diseño de las formaletas por parte del Interventor, no exime al Constructor de su responsabilidad respecto de la seguridad, calidad del trabajo y cumplimiento de todas las especificaciones.

Las formaletas, tanto de madera como metálicas, se ensamblarán firmemente y deberán tener la resistencia suficiente para contener la mezcla de concreto sin distorsiones. Antes de iniciar la colocación del concreto, se deberán limpiar de impurezas, incrustaciones de mortero y cualquier otro material extraño. Su superficie interna se deberá cubrir con aceite u otro producto que evite la adherencia, que no manche la superficie del concreto y no sea absorbido por éste.

Las abrazaderas que se utilicen para sostener las formaletas y que queden embebidas en el concreto, deberán ser pernos de acero provistos de rosca, tuercas y acoples adecuados, que permitan retirar los extremos exteriores sin producir daños en las superficies del concreto. Todos los huecos resultantes del retiro de las abrazaderas se deberán llenar con un mortero de consistencia seca.

No se podrá colocar concreto dentro de las formaletas si éstas no han sido inspeccionadas y aprobadas por el Interventor.

Las formaletas se podrán remover parcial o totalmente tan pronto como la mezcla haya adquirido la resistencia suficiente, comprobada mediante ensayos, para sostener su propio peso y el peso de cualquier otra carga.

Toda obra falsa o cimbra para la construcción de puentes u obras similares, deberá ser diseñada por el Constructor, quien someterá el diseño a consideración del Interventor. En el diseño se deberán tener en cuenta las cargas muertas y vivas a las que estará sometida la obra falsa durante y después de la colocación del concreto. Las eventuales deflexiones de la obra falsa, debido a las cargas, se deberán compensar mediante contraflechas, de tal forma que la estructura terminada se ajuste a los niveles indicados en los planos.

En la construcción de cimbras para arcos, se deberán proveer los medios adecuados que permitan un descenso gradual de los centros hasta obtener el autoporte del arco. Las cimbras se colocarán sobre gatos aprobados para levantar y corregir cualquier asentamiento leve que pueda ocurrir una vez iniciada la colocación del concreto.

630.4.5 Fabricación de la mezcla

630.4.5.1 Almacenamiento de los agregados

Cada tipo de agregado se acopiará por pilas separadas, las cuales se deberán mantener libres de tierra o de elementos extraños y dispuestas de tal forma que se evite al máximo la segregación de los agregados.

El almacenamiento de los agregados se podrá realizar sobre patios pavimentados contruidos para este fin. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se utilizarán los quince centímetros (15 cm) inferiores de los mismos. En todos los casos, los acopios deberán ser cubiertos.

Los acopios se construirán por capas de espesor no mayor a metro y medio (1.50 m) y no por montones cónicos.

630.4.5.2 Suministro y almacenamiento del cemento

El cemento en sacos se deberá almacenar en sitios secos y aislados del suelo, en acopios de no más de siete metros (7 m) de altura.

Si el cemento se suministra a granel, se deberá almacenar en sitios aislados de la humedad. La capacidad mínima de almacenamiento será la suficiente para el consumo de dos (2) jornadas de producción normal.

Todo cemento que tenga más de dos (2) meses de almacenamiento en sacos o tres (3) en silos, deberá ser examinado por el Interventor, para verificar si aún es susceptible de utilización.

630.4.5.3 Almacenamiento de aditivos

Los aditivos se protegerán convenientemente de la intemperie y de toda contaminación. Los sacos de productos en polvo se almacenarán bajo cubierta y observando las mismas precauciones que en el caso del almacenamiento del cemento. Los aditivos suministrados en forma líquida se almacenarán en recipientes estancos.

630.4.5.4 Elaboración de la mezcla

Cuando la mezcla se produce en una planta central, sobre camiones mezcladores o por una combinación de estos procedimientos, el trabajo se deberá efectuar de acuerdo con los requisitos aplicables de la especificación ASTM C-94.

630.4.5.4.1 Mezclado en plantas estacionarias en el lugar de la obra

Salvo indicación en contrario del Interventor, la mezcladora se cargará primero con una parte no superior a la mitad ($1/2$) del agua requerida para la cochada; a continuación, se añadirán simultáneamente el agregado fino y el cemento y, posteriormente, el agregado grueso, completándose luego la dosificación de agua durante un lapso que no deberá ser inferior a cinco segundos (5 s), ni superior a la tercera parte ($1/3$) del tiempo total de mezclado, contado a partir del instante de introducir el cemento y los agregados.

La mezcla se hará a la velocidad recomendada por el fabricante de la máquina y el tiempo de mezclado deberá ser superior a uno y medio minutos (1.5 min), contados a partir del momento en que todos los materiales están dentro del tambor mezclador y hasta el instante en que se inicie la descarga. Se podrá reducir este tiempo, solamente si se demuestra que la mezcla es satisfactoria. En todo caso, el tiempo de mezclado no deberá exceder de 5 minutos.

Como norma general, los aditivos se añadirán a la mezcla disueltos en una parte del agua de mezclado.

Antes de cargar nuevamente la mezcladora, se vaciará totalmente su contenido. En ningún caso, se permitirá el remezclado de concretos que hayan fraguado parcialmente, aunque se añadan nuevas cantidades de cemento, agregados y agua.

Cuando la mezcladora haya estado detenida por más de treinta (30) minutos, deberá ser limpiada perfectamente antes de verter materiales en ella. Así mismo, se requiere su limpieza total, antes de comenzar la fabricación de concreto con otro tipo de cemento.

Cuando la mezcla se elabore en mezcladoras al pie de la obra, el Constructor, con la supervisión del Interventor, transformará las cantidades correspondientes a la fórmula de trabajo en unidades volumétricas. El Interventor verificará que existen los elementos de dosificación precisos para obtener una mezcla de la calidad deseada.

630.4.5.4.2 Mezclado en planta central

Se deberá ajustar, en todo lo pertinente, a lo indicado en el numeral anterior para la mezcla en mezcladoras estacionarias.

630.4.5.4.3 Mezclado en camiones mezcladores (mixer)

Cuando se emplee un camión mezclador para mezclado completo, en tránsito o al llegar a la obra, cada bachada deberá ser mezclada por no menos de setenta (70) ni más de cien (100) revoluciones de tambor o paletas a la velocidad de rotación fijada por el fabricante del equipo. El tiempo adicional de mezcla, cuando sea requerido, se debe completar a la velocidad de agitación especificada por el fabricante.

Todos los materiales incluyendo el agua, deben estar dentro del tambor mezclador antes de iniciar el mezclado propiamente dicho y accionar el contador de revoluciones. El mezclado debe iniciar dentro de los treinta (30) minutos siguientes al instante en que el cemento es puesto en contacto con los agregados dentro del tambor.

Cuando los agregados estén húmedos, haya agua dentro del tambor, la temperatura ambiente exceda de treinta grados Celsius (30 °C), se use un cemento de alta resistencia o se empleen aditivos aceleradores de fraguado, el tiempo citado en el párrafo anterior se deberá reducir a quince (15) minutos.

Cuando se trate de mezclado parcial en planta central, el tiempo de mezcla en la mezcladora estacionaria de la planta central se podrá reducir a treinta (30) segundos, completando el mezclado en el camión mezclador en tránsito, en la forma indicada en este numeral.

Los camiones mezcladores no se deberán cargar a más del 63 % del volumen del tambor para mezclado completo en tránsito o al llegar a la obra, ni a más del 70 % del volumen del tambor, cuando haya mezclado parcial en la planta central.

630.4.5.4.4 Mezclado manual

La mezcla manual sólo se podrá efectuar, previa autorización del Interventor, para estructuras pequeñas que requieran concreto de resistencia a la compresión no superior a 14 MPa a los 28 días, o en casos de emergencia que requieran un reducido volumen de concreto. En tal caso, se deberá colocar un 20 % adicional de cemento, en peso, sobre el requerido según el diseño de la mezcla.

El mezclado manual se deberá hacer en bachadas no mayores de un cuarto de metro cúbico (0.25 m³), sobre una superficie lisa e impermeable.

Las cantidades de agregados se deberán medir en cajones de tamaños apropiados. El agregado fino y el cemento se deben mezclar cuidadosamente por medio de palas mientras estén secos, hasta que la mezcla tenga un color uniforme, después de lo cual se forma un cráter en el cual se incorpora el agua en

la cantidad necesaria para obtener un mortero de consistencia adecuada. El material de la parte exterior del anillo del cráter se palea entonces hacia el centro y se da vueltas a toda la masa cortándola en secciones, hasta que se logre una consistencia uniforme.

Se humedece completamente el agregado grueso y se añade al mortero dando vueltas y revolviendo toda la masa cuando menos seis (6) veces, hasta que todas las partículas de este agregado queden perfectamente cubiertas por el mortero y la mezcla tenga color y apariencia uniformes.

Las cargas mezcladas a mano no se podrán emplear para concreto colocado debajo del agua.

630.4.5.4.5 Reablandamiento del concreto

No se deberá hacer ningún reablandamiento del concreto, agregándole agua o por otros medios, excepto que con la autorización escrita del Interventor se podrá añadir agua adicional de mezcla al concreto transportado en camiones mezcladores o agitadores, siempre que no se exceda la relación agua/cemento especificada para la mezcla, que dicho concreto, a su descarga, cumpla todos los requisitos exigidos y que no se excedan los tiempos de mezcla y transporte especificados en este Artículo.

630.4.6 Descarga, transporte y entrega de la mezcla

El concreto, al ser descargado de mezcladoras estacionarias, deberá tener la consistencia, trabajabilidad y la uniformidad requeridas para la obra.

Cuando se empleen camiones mezcladores o agitadores, la descarga de la mezcla, el transporte, la entrega y la colocación del concreto deberán ser completados en un tiempo máximo de una y media (1 1/2) horas, desde el momento en que el cemento se añade a los agregados, salvo que el Interventor fije un plazo diferente según las condiciones climáticas, el uso de aditivos o las características del equipo de transporte.

El concreto descargado de camiones mezcladores o de camiones agitadores, debe ser entregado con la consistencia, trabajabilidad y uniformidad requeridos para la obra. La velocidad de descarga del concreto premezclado debe ser controlada por la velocidad de rotación del tambor en la dirección de la descarga con la canaleta o compuerta de descarga completamente abierta. Si es necesario agregar agua adicional a la mezcla para alcanzar o mantener el asentamiento especificado, sin exceder la relación agua/cemento requerida, se debe mezclar nuevamente el contenido del tambor, por un mínimo de veinte (20) revoluciones a la velocidad de mezclado, antes de proceder a la descarga del concreto.

El concreto puede ser transportado en camiones tipo volqueta u otro equipo provisto de agitadores, si los documentos del proyecto lo admiten o el Interventor aprueba por escrito esta posibilidad. En tal caso, los recipientes deberán ser metálicos, lisos en su interior, con las esquinas redondeadas, equipados con compuertas para controlar la descarga y provistos de cobertores adecuados para proteger el concreto contra la intemperie. El concreto transportado en estos equipos debe ser mezclado previamente y debe ser entregado con la consistencia y la uniformidad requeridas. La descarga en el punto de entrega debe ser completada en cuarenta y cinco minutos (45 min) desde que el cemento sea puesto en contacto con los agregados, lapso que el Interventor podrá variar según las condiciones climáticas del lugar o el uso de aditivos.

A su entrega en la obra, el Interventor rechazará todo concreto que haya desarrollado algún endurecimiento inicial, así como aquel que no sea entregado dentro del límite de tiempo aprobado o no tenga el asentamiento dentro de los límites especificados.

El concreto que por cualquier causa haya sido rechazado por el Interventor, deberá ser retirado de la obra y reemplazado por el Constructor, a su costa, por un concreto satisfactorio.

630.4.7 Preparación para la colocación del concreto

Por lo menos cuarenta y ocho (48) horas antes de colocar concreto en cualquier lugar de la obra, el Constructor notificará por escrito al Interventor al respecto, para que éste verifique y apruebe los sitios de colocación.

La colocación no podrá comenzar, mientras el Interventor no haya aprobado el encofrado, el refuerzo, las partes embebidas y la preparación de las superficies que han de quedar contra el concreto. Dichas superficies se deberán encontrar completamente libres de suciedad, lodo, desechos, grasa, aceite, partículas sueltas y cualquier otra sustancia perjudicial. La limpieza puede incluir el lavado por medio de chorros de agua y aire, excepto para superficies de suelo o relleno, para las cuales este método puede no ser el adecuado.

Se deberá eliminar toda agua estancada o libre de las superficies sobre las cuales se va a colocar la mezcla y controlar que, durante la colocación de la mezcla y el fraguado, no se mezcle agua que pueda lavar o dañar el concreto fresco.

Las fundaciones en suelo contra las cuales se coloque el concreto, deberán ser humedecidas completamente, o recubrirse con una delgada capa de concreto, si así lo exige el Interventor.

630.4.8 Colocación del concreto

630.4.8.1 Requisitos generales

Esta operación se deberá efectuar en presencia del Interventor, salvo en determinados sitios específicos autorizados previamente por éste.

El concreto no se podrá colocar en instantes de lluvia, a no ser que el Constructor suministre cubiertas que, a juicio del Interventor, sean adecuadas para proteger el concreto desde su colocación hasta su fraguado.

Todo el concreto debe ser vaciado en horas de luz solar y su colocación en cualquier parte de la obra no se debe iniciar si no es posible completarla en dichas condiciones, a menos que se disponga de un adecuado sistema de iluminación, aprobado por el Interventor.

El concreto no se debe exponer a la acción del agua antes del fraguado final, excepto lo que se dispone en el numeral 630.4.9 para el concreto depositado bajo agua. El concreto se deberá colocar en seco y durante su colocación o después de ella no deberá ser expuesto a la acción de aguas o suelos que

contengan soluciones alcalinas, hasta pasado un periodo por lo menos de tres (3) días, o de agua salada hasta los siete (7) días. Durante este lapso, el concreto se deberá proteger bombeando el agua perjudicial fuera de las formaletas y ataguías.

En todos los casos, el concreto se deberá depositar lo más cerca posible de su posición final y no se deberá hacer fluir por medio de vibradores. Los métodos utilizados para la colocación del concreto deberán permitir una buena regulación de la mezcla depositada, evitando su caída con demasiada presión o chocando contra las formaletas o el refuerzo. Por ningún motivo se permitirá la caída libre del concreto desde alturas superiores a uno y medio metros (1.50 m).

Al verter el concreto, se removerá enérgica y eficazmente, para que las armaduras queden perfectamente envueltas; cuidando especialmente los sitios en que se reúna gran cantidad de ellas, y procurando que se mantengan los recubrimientos y separaciones de la armadura.

En todos los casos que sea difícil colocar el concreto junto a las formaletas debido a las obstrucciones producidas por el acero de refuerzo o por cualquier otra condición, se deberá procurar el contacto apropiado entre el concreto y las caras interiores de las formaletas, vibrando estas últimas por medio de golpes en sus superficies exteriores con mazos de caucho o madera o por medio de vibradores de formaleta.

En caso de usar equipos inclinados (canoas, canaletas) deben tener una longitud máxima de 7 m, manteniendo un flujo continuo a una velocidad uniforme del concreto con pendientes, según el asentamiento del concreto, norma de ensayo INV E-404, no sobrepasando los valores de la Tabla 630 - 10.

Tabla 630 – 10. Pendientes máximas de equipos según el asentamiento de concreto

ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (mm)	PENDIENTE (V:H)
10 a 80	1:2
80 a 120	1:3

No se permitirá la colocación de concreto al cual se haya agregado agua después de salir de la mezcladora. Tampoco se permitirá la colocación de la mezcla fresca sobre concreto total o parcialmente endurecido, sin que las superficies de contacto hayan sido preparadas como juntas, según se describe en el numeral 630.4.11.

El Constructor deberá tener la precaución de no mover los extremos del refuerzo que sobresalga del concreto, por lo menos durante las primeras veinticuatro (24) horas luego de colocado el concreto.

A menos que los documentos del proyecto o el Interventor indiquen algo en contrario por el tipo de obra, el concreto se deberá colocar en capas continuas horizontales cuyo espesor no exceda de treinta centímetros (0.3 m).

Las descargas deberán sucederse una tras otra, debiendo cada una de ellas colocarse y compactarse antes de que la precedente haya alcanzado el fraguado inicial, para que no quede una separación entre las mismas. La superficie superior de cada capa de concreto se debe dejar algo áspera para lograr una liga eficiente con la capa subsiguiente. Cada capa superior deberá ser compactada de forma que se evite la formación de una junta de construcción entre ella y la capa inferior.

Las capas que se completen en un día de trabajo o que hayan sido colocadas poco antes de interrumpir temporalmente las operaciones, se deben limpiar de cualquier material objetable tan pronto como las superficies sean lo suficientemente firmes para retener su forma. En ningún caso se suspenderá o interrumpirá temporalmente el trabajo dentro de los cuarenta y cinco centímetros (45 cm) abajo de

la parte superior de cualquier superficie, a menos que los detalles de la obra tengan en cuenta un coronamiento de menos de dicho espesor, en cuyo caso, la junta de construcción se puede hacer en la parte inferior de dicho coronamiento.

El método y la manera de colocar el concreto se deberán regular de forma que todas las juntas de construcción se coloquen en las zonas de bajo esfuerzo cortante y, en lo posible, en sitios que no sean visibles.

630.4.8.2 Colocación por bombeo

La colocación del concreto por bombeo puede ser permitida dependiendo de la adaptabilidad del método a usar en la obra. El equipo se deberá disponer de manera que las vibraciones derivadas de su operación no deterioren el concreto recién colocado.

Al emplear bombeo mecánico, la operación de la bomba deberá ser tal, que se produzca una corriente continua del concreto, sin bolsas de aire. Cuando se terminen las operaciones de bombeo, en caso de que se vaya a usar el concreto que quede en las tuberías, éste se debe expeler de tal manera que no se contamine o se produzcan segregaciones.

Al emplear bombeo neumático, el equipo de bombeo se debe colocar la más cerca posible del depósito de concreto. Las líneas de descarga deberán ser horizontales o inclinadas hacia arriba respecto de la máquina de bombeo.

Cuando se utilice equipo de bombeo, siempre se deberá disponer de los medios alternativos para continuar la operación de colocación del concreto en caso de que se dañe la bomba. El bombeo deberá continuar hasta que el extremo de la tubería de descarga quede completamente por fuera de la mezcla recién colocada.

Los equipos de bombeo deberán ser limpiados cuidadosamente después de cada periodo de operación.

630.4.8.3 Colocación del agregado ciclópeo

La colocación del agregado ciclópeo, se deberá ajustar al siguiente procedimiento:

La piedra, limpia y húmeda, se deberá colocar cuidadosamente a mano, sin dejarla caer por gravedad en la mezcla de concreto simple, para no causar daño a las formaletas, a las alcantarillas en el caso de cabezales o al concreto adyacente parcialmente fraguado.

En estructuras cuyo espesor sea inferior a ochenta centímetros (80 cm), la distancia libre entre piedras o entre una piedra y la superficie de la estructura, no será inferior a diez centímetros (10 cm). En estructuras de mayor espesor, la distancia mínima se aumentará a quince centímetros (15 cm). En estribos y pilas no se podrá usar agregado ciclópeo en los últimos cincuenta centímetros (50 cm) debajo del asiento de la superestructura o placa.

Si se interrumpe la fundición, al dejar una junta de construcción se deben dejar piedras sobresaliendo no menos de diez centímetros (10 cm) para formar una llave. Antes de continuar el vaciado del concreto se deberá limpiar la superficie donde se colocará el concreto fresco y humedecerse la misma con agua limpia.

El concreto ciclópeo no se deberá usar en estructuras cuya altura sea menor de sesenta centímetros (60 cm) y/o en las que el espesor sea inferior a treinta centímetros (30 cm).

La proporción máxima del agregado ciclópeo será el cuarenta por ciento (40 %) del volumen total de concreto.

630.4.9 Colocación del concreto bajo agua

El concreto no deberá ser colocado bajo agua, excepto cuando así se especifique en los planos o lo autorice el Interventor, quien efectuará una supervisión directa de los trabajos. En tal caso, el concreto tendrá un diez por ciento (10 %) de exceso de cemento, en peso, respecto del obtenido en el diseño de la mezcla.

Dicho concreto se deberá colocar cuidadosamente en su lugar, en una masa compacta, por medio de un tremie u otro método aprobado por el Interventor. Todo el concreto bajo el agua se deberá depositar en una operación continua.

No se deberá colocar concreto dentro de corrientes de agua y las formaletas diseñadas para retenerlo bajo el agua deberán ser impermeables. El concreto se deberá colocar de tal manera, que se logren superficies aproximadamente horizontales, y que cada capa se deposite antes de que la precedente haya alcanzado su fraguado inicial, con el fin de asegurar la adecuada unión entre las mismas.

630.4.10 Vibración

El concreto colocado se deberá consolidar mediante vibración interna, hasta obtener la mayor densidad posible, de manera que quede libre de cavidades producidas por partículas de agregado grueso y burbujas de aire, y que cubra totalmente las superficies de los encofrados y los materiales embebidos. Durante la consolidación, el vibrador se deberá operar a intervalos regulares y frecuentes, en posición casi vertical y con su cabeza sumergida profundamente dentro de la mezcla.

Para lograr la compactación de cada capa antes de que se deposite la siguiente sin demorar la descarga, se debe usar un número suficiente de vibradores para consolidar el concreto que se está recibiendo, dentro de los quince (15) minutos siguientes a su colocación dentro de las formaletas. Para evitar demoras en el caso de averías, se debe disponer de un (1) vibrador auxiliar en el sitio de la obra para fundiciones individuales hasta de cincuenta metros cúbicos (50 m³) y dos (2) vibradores auxiliares para fundiciones de mayor volumen.

Las vibraciones se deben aplicar en el punto de descarga y donde haya concreto depositado poco antes.

Los vibradores no deberán ser empujados rápidamente, sino que se permitirá que ellos mismos se abran camino dentro de la masa de concreto y se retirarán lentamente para evitar la formación de cavidades.

La vibración deberá ser tal, que el concreto fluya alrededor del refuerzo y otros elementos que deban quedar embebidos en el concreto y llegue hasta las esquinas de las formaletas.

La vibración no debe ser aplicada sobre el refuerzo, ni forzarse a secciones o capas de concreto que hayan endurecido a tal grado que el concreto no pueda volverse plástico por su revibración.

No se deberá colocar una nueva capa de concreto, si la precedente no está debidamente consolidada.

La vibración no deberá ser usada para transportar mezcla dentro de las formaletas, ni se deberá aplicar directamente a éstas o al acero de refuerzo, especialmente si ello afecta masas de mezcla recientemente fraguada.

Con el fin de obtener un concreto debidamente compactado, carente de cavidades, hormigueros y similares, la vibración mecánica deberá ser completada con la compactación manual que sea necesaria a lo largo de las superficies de las formaletas y en las esquinas y puntos donde sea difícil obtener una vibración adecuada.

Las dimensiones de las agujas de los vibradores de inmersión y, en general, los tiempos de vibrado deberán ser cuidadosamente controlados, de manera de obtener las densidades máximas sin sobre-vibrar.

630.4.11 Juntas

Se deberán construir juntas de construcción, contracción y dilatación, con las características y en los sitios indicados en los planos de la obra o donde lo indique el Interventor. El Constructor no podrá introducir juntas adicionales o modificar el diseño de localización de las indicadas en los planos o aprobadas por el Interventor, sin la autorización de éste. En superficies expuestas, las juntas deberán ser horizontales o verticales, rectas y continuas, a menos que se indique lo contrario.

En general, se deberá dar un acabado pulido a las superficies de concreto en las juntas y se deberán utilizar para las mismas los rellenos, sellos o retenedores indicados en los planos.

630.4.12 Agujeros para drenaje

Los agujeros para drenaje o alivio se deberán construir de la manera y en los lugares señalados en los planos. Los dispositivos de salida, bocas o respiraderos para igualar la presión hidrostática se deberán colocar más

abajo que las aguas mínimas y también de acuerdo con lo indicado en los planos.

Los moldes para practicar agujeros a través del concreto pueden ser de tubería metálica, plástica o de concreto, cajas de metal o de madera. Si se usan moldes de madera, ellos deberán ser removidos después de colocado el concreto.

630.4.13 Remoción de las formaletas y de la obra falsa

El tiempo de remoción de formaletas y obra falsa está condicionado por el tipo y la localización de la estructura, el curado, el clima y otros factores que afecten el endurecimiento del concreto.

Si las operaciones de campo no están controladas por pruebas de laboratorio, los valores de la Tabla 630 - 11 pueden ser empleados como guía para el tiempo mínimo requerido antes de la remoción de formaletas y soportes.

Tabla 630 – 11. Tiempo mínimo para remoción de formaletas y soportes

TIPO DE OBRA	TIEMPO MÍNIMO PARA REMOCIÓN DE FORMALETAS Y SOPORTES
Estructuras para arcos	14 días
Estructuras bajo vigas	14 días
Soportes bajo losas planas	14 días
Losas de piso	14 días
Placa superior en alcantarillas de cajón	14 días
Superficies de muros verticales	48 horas
Columnas	48 horas
Lados y vigas y todas las demás partes	24 horas

Si las operaciones de campo son controladas por ensayos de resistencia de cilindros de concreto, la remoción de formaletas y demás soportes se podrá efectuar al lograrse las resistencias fijadas en el diseño. Los cilindros de ensayo deberán ser curados bajo condiciones iguales a las más desfavorables de la estructura que representan.

La remoción de formaletas y soportes se debe hacer cuidadosamente y en forma tal, que permita al concreto tomar gradual y uniformemente los esfuerzos debidos a su peso propio.

630.4.14 Acabado

Todas las superficies de concreto deberán recibir un acabado inmediatamente después del retiro de las formaletas. El tipo de acabado dependerá de las características de la obra construida.

630.4.14.1 Acabado ordinario

Es el procedimiento usado para la mayoría de las estructuras. Inmediatamente después de remover las formaletas, toda la rebaba y salientes irregulares de la superficie del concreto se deberán cincelar a ras de la superficie. Todos los alambres y varillas que sobresalgan se deberán cortar, cuando menos, cinco milímetros (5 mm) bajo la superficie. Todas las cavidades pequeñas se deberán limpiar cuidadosamente, saturarse con agua y rellenarse con un mortero compuesto por una (1) parte de cemento hidráulico y dos (2) de arena, el cual deberá ser completamente apisonado en su lugar. En caso de cavidades mayores, se aplicará una capa delgada de pasta de cemento puro antes de colocar el mortero de relleno. Todos los remiendos deberán mantenerse húmedos por un período no menor de cinco (5) días.

Para el relleno de cavidades grandes o profundas se deberá incluir agregado grueso en el mortero de relleno.

Las zonas con hormigueros excesivos pueden ser causa de rechazo de la estructura, en cuyo caso el Constructor deberá demoler y reconstruir, a su costa, la parte afectada.

Todas las juntas de construcción y de dilatación en la obra terminada deben dejarse cuidadosamente trabajadas y quedar sin restos de mortero y concreto. El relleno de las juntas deberá quedar con los bordes limpios en toda su longitud.

630.4.14.2 Acabado por frotado de superficie

Tan pronto como se hayan removido las formaletas y lo permita la condición del concreto, se iniciará el frotado, empapando las superficies con agua, y frotándolas luego con una piedra de carborundo de mediana aspereza, esmerilando la superficie hasta formar una pasta.

La operación de frotado se debe continuar hasta que todas las señales dejadas por las formaletas y demás salientes e irregularidades hayan sido removidas y la superficie presente una textura lisa y un color uniforme.

En este proceso no se deberá emplear ninguna lechada de cemento ni enlucido de mortero.

La pasta producida por el frotamiento debe ser cepillada cuidadosamente o ser extendida uniformemente en una capa delgada sobre la superficie, dejándose que vuelva a fraguar. El acabado final se obtiene mediante un segundo frotado con una piedra de carborundo más fina.

Este sistema de acabado es prescriptivo para las barandas de concreto a las cuales hace referencia el Artículo 632, así como en las demás superficies en los cuales se requiera de manera explícita en los documentos del proyecto.

630.4.14.3 Acabado de pisos de puentes

Si el piso va a ser cubierto con una capa asfáltica, basta con asegurar que la superficie de concreto sea correctamente nivelada para que presente las pendientes transversales indicadas en los planos del proyecto.

Si el piso del puente se va a usar como capa de rodadura, deberá ser sometido a las operaciones de acabado descritas en el Artículo 500, para los pavimentos de concreto hidráulico.

630.4.14.4 Acabado de losas de pisos

Si los documentos del proyecto no establecen otra cosa diferente, su acabado será como el descrito en el Artículo 500 para los pavimentos de concreto hidráulico, exceptuando el texturizado transversal final.

630.4.14.5 Acabado de andenes de concreto

El concreto colocado y compactado deberá ser alisado con equipo similar al empleado en los pavimentos de concreto hidráulico. Los bordes y las juntas de dilatación se deberán acabar con una herramienta apropiada para ello.

Se deberá garantizar que la textura no sea resbaladiza cuando la superficie esté mojada.

630.4.15 Curado

Inmediatamente después del retiro de las formaletas y del acabado de las superficies, el concreto se someterá a un proceso de curado que se prolongará a lo largo del plazo prefijado por el Interventor, según el tipo de cemento utilizado y las condiciones climáticas del lugar.

En general, los tratamientos de curado se deberán mantener por un período no menor de catorce (14) días después de terminada la colocación de la mezcla de concreto; en algunas estructuras no masivas, este período podrá ser disminuido, pero en ningún caso será menor de siete (7) días.

Se deben tomar todas las precauciones necesarias para proteger el concreto fresco contra las altas temperaturas y los vientos que puedan causar un secado prematuro y la formación de agrietamientos superficiales. De ser necesario, se colocarán cortinas protectoras contra el viento hasta que el concreto haya endurecido lo suficiente para recibir el tratamiento de curado.

El curado, mediante alguno de los sistemas mencionados en el numeral 630.2.5, se realizará de conformidad con todo lo que resulte pertinente del Artículo 500, relativo al curado de los pavimentos de concreto hidráulico.

En la eventualidad de que se produzca un sismo durante el proceso de curado, el Constructor deberá tener especial cuidado en efectuar una revisión detallada del concreto colocado y de la estructura luego del sismo, informando al Interventor sobre cualquier daño motivado por el fenómeno. Sin perjuicio de ello, si así lo estimase el Interventor, se realizarán los ensayos que considere convenientes para verificar la calidad del concreto, pudiendo ordenar el retiro de éste si, a su juicio, los ensayos realizados revelaren alteraciones al concreto colocado.

630.4.16 Deterioros

Todo concreto defectuoso o deteriorado deberá ser reparado o removido y reemplazado por el Constructor, según lo requiera el Interventor. Toda mano de obra, equipo y materiales requeridos para la remoción, reparación, reemplazo, acabado y curado del concreto defectuoso, serán suministrados por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

630.4.17 Limpieza final

Al terminar la obra, y antes de la aceptación final del trabajo, el Constructor deberá retirar del lugar toda obra falsa, materiales excavados o no utilizados, desechos, basuras y construcciones temporales, restaurando en forma aceptable para el Interventor, toda propiedad, tanto pública como privada, que pudiera haber sido afectada durante la ejecución de este trabajo y dejar el lugar de la estructura limpio y presentable.

630.4.18 Limitaciones en la ejecución

La temperatura de la mezcla de concreto, inmediatamente antes de su colocación, deberá estar entre diez y treinta y dos grados Celsius (10° C – 32° C).

Cuando se pronostique una temperatura inferior a cuatro grados Celsius (4° C) durante el vaciado o en las veinticuatro (24) horas siguientes, la temperatura del concreto no podrá ser inferior a trece grados Celsius (13° C) cuando se vaya a emplear en secciones de menos de treinta centímetros (30 cm) en cualquiera de sus dimensiones, ni inferior a diez grados Celsius (10° C) para otras secciones.

La temperatura durante la colocación no deberá exceder de treinta y dos grados Celsius (32° C), para que no se produzcan pérdidas en el asentamiento, fraguado falso o juntas frías. Cuando la temperatura de las formaletas metálicas o de las armaduras exceda de cincuenta grados Celsius (50° C), se deberán enfriar mediante rociadura de agua, inmediatamente antes de la colocación del concreto.

La colocación del concreto en horas de la noche o en instantes de lluvia solo se permitirá si se cumplen las condiciones indicadas en el numeral 630.4.8.1.

630.4.19 Manejo ambiental

Todas las labores de ejecución de obras de concreto estructural se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales.

630.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

630.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado previamente, en cuanto a la elaboración y manejo de los agregados, así como la manufactura, el transporte, la colocación, la consolidación, la ejecución de juntas, el acabado y el curado de las mezclas.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.
- Efectuar los ensayos necesarios para el control de la mezcla.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y en la mezcla de concreto durante el período de ejecución de las obras.

- Verificar el cumplimiento de todas las medidas requeridas sobre seguridad y medio ambiente.
- Tomar, de manera cotidiana, muestras de la mezcla elaborada para determinar su resistencia.
- Realizar medidas para determinar las dimensiones de la estructura y comprobar la uniformidad de la superficie.
- Medir, para efectos de pago, los volúmenes de obra satisfactoriamente ejecutados.

630.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**630.5.2.1 Calidad del cemento**

Cada vez que el Interventor lo considere necesario, ordenará o ejecutará los ensayos de control que permitan verificar la calidad del cemento.

630.5.2.2 Calidad del agua

Siempre que el Interventor tenga alguna incertidumbre sobre su calidad, ordenará o ejecutará los ensayos relacionados en las Tablas 630 - 5 y 630 - 6; sólo la aceptará si se cumplen los límites establecidos en ellas.

630.5.2.3 Calidad de los agregados

Se verificará mediante la ejecución de las mismas pruebas descritas en el numeral 500.5.2.3 del Artículo 500. En cuanto a la frecuencia de ejecución, ella se deja al criterio del Interventor, de acuerdo con la magnitud de la obra bajo control. De dicha decisión se deberá dejar constancia escrita.

630.5.2.4 Calidad de los aditivos y de los productos químicos de curado

El Interventor deberá solicitar certificaciones a los proveedores de estos productos, donde garanticen su calidad y conveniencia de utilización.

630.5.2.5 Calidad de la mezcla**630.5.2.5.1 Dosificación**

La mezcla se deberá efectuar en las proporciones establecidas en la fórmula de trabajo, admitiéndose las siguientes variaciones en el peso de sus componentes (respecto a su propio peso):

- Agua, cemento y aditivos $\pm 1 \%$
- Agregado fino $\pm 2 \%$
- Agregado grueso hasta de 38 mm $\pm 2 \%$
- Agregado grueso mayor de 38 mm $\pm 3 \%$

La tolerancia del agua de mezclado se deberá medir con la tolerancia especificada, corregida según la condición de humedad de los agregados y la cantidad de aditivo líquido, si se usa.

Las mezclas dosificadas por fuera de estos límites, serán rechazadas por el Interventor.

630.5.2.5.2 Consistencia

Se controlará la consistencia de cada carga entregada, para lo cual se tomará una muestra representativa de ella que someterá al ensayo de asentamiento (INV E-404), cuyo resultado se deberá encontrar dentro de los límites indicados en los documentos del proyecto para cada clase de concreto, según lo mencionado en el numeral 630.4.2. En caso de no cumplirse este requisito, se rechazará la carga correspondiente. Por ningún motivo se permitirá la adición de agua al concreto elaborado para incrementar su asentamiento.

630.5.2.5.3 Resistencia

El concreto por evaluar se agrupará por lotes, entendiendo por lote el volumen de concreto de

una misma clase, elaborado con la misma fórmula de trabajo, representado por un conjunto de muestras que se someterán a evaluación en forma parcial, como se describe a continuación.

Una parcialidad del lote estará constituida por el menor volumen resultante entre (i) cincuenta metros cúbicos (50 m³) y (ii) el volumen de concreto colocado en una jornada de trabajo.

De dicha parcialidad se tomará una muestra compuesta por cuatro (4) especímenes según el método descrito en la norma de ensayo INV E-401, con los cuales se fabricarán probetas cilíndricas según la norma INV E-402, para someterlas a ensayos de resistencia a compresión según la norma INV E-410. De ellas, se fallarán dos (2) a siete (7) días y dos (2) a veintiocho (28) días, luego de ser sometidas al curado normalizado. Los valores de resistencia a siete (7) días sólo se emplearán para verificar la regularidad de la calidad de la producción del concreto, mientras que los obtenidos a veintiocho (28) días se emplearán para la comprobación de la resistencia del concreto.

El promedio de la resistencia a compresión de los dos (2) especímenes tomados simultáneamente de una misma cochada, se considerará como el resultado de un ensayo (f_i).

La resistencia de cada parcialidad del lote será considerada satisfactoria, si se cumplen simultáneamente las siguientes condiciones:

$$f_i \geq (f'_c - k_1)$$

[630.3]

$$f_m \geq f'_c$$

[630.4]

Donde:

f_i : Resultado de un ensayo de resistencia a compresión a los veintiocho (28) días, en MPa.

f'_c : Resistencia característica a compresión a los veintiocho (28) días, indicada en los planos del proyecto y utilizada para el diseño estructural de la obra, en MPa.

k_1 : Constante de evaluación. Para concretos con resistencia a la compresión a los veintiocho (28) días (f'_c) menor o igual a 20 MPa, $k_1 = 2.6$ MPa; para concretos con resistencia a la compresión a los veintiocho (28) días (f'_c) mayor o igual a 20 MPa, $k_1 = 3.5$ MPa.

f_m : Valor promedio de resistencia a compresión a los veintiocho (28) días de tres (3) ensayos consecutivos (MPa). Cuando se trate de la primera muestra, su resultado se considerará como promedio y cuando se trate de la segunda, se tomará el promedio de las dos primeras.

El resultado de los cálculos de resistencia del concreto, en MPa, deberá ser aproximado a la décima, empleando el método de redondeo de la norma de ensayo INV E-823.

Si en algún momento una o las dos exigencias recién indicadas son incumplidas, el Interventor ordenará una revisión de la parte de la estructura que esté en duda, utilizando métodos idóneos para detectar las zonas más débiles y requerirá que el Constructor, a su costa, tome núcleos de dichas zonas, en acuerdo a la norma INV E-418.

Se deberán tomar tres (3) núcleos por cada valor no conforme. Si el concreto de la estructura va a permanecer seco en condiciones de servicio, los testigos se secarán al aire durante siete (7) días a

una temperatura entre dieciséis y veintisiete grados Celsius (16°C a 27°C) y luego se probarán secos. Si el concreto de la estructura se va a encontrar húmedo en condiciones de servicio, los núcleos se sumergirán en agua por cuarenta y ocho (48) horas y se fallarán a continuación.

Se considerará aceptable la resistencia del concreto de la zona representada por los núcleos, si el promedio de la resistencia a compresión de los tres (3) núcleos, corregida por la esbeltez, es al menos igual al ochenta y cinco por ciento (85 %) de la resistencia especificada en los planos (f'_c), siempre que ningún núcleo tenga menos del setenta y cinco por ciento (75 %) de dicha resistencia.

Si los criterios de aceptación anteriores no se cumplen, el Constructor podrá solicitar que, a sus expensas, se hagan pruebas de carga en la parte dudosa de la estructura conforme lo especifica el reglamento ACI. Si estas pruebas dan un resultado satisfactorio, se aceptará el concreto en discusión. En caso contrario, el Constructor deberá adoptar las medidas correctivas que solicite el Interventor, las cuales podrán incluir la demolición parcial o total de la estructura, si fuere necesario, y su posterior reconstrucción, a costa del Constructor, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

Siempre que se produzcan rechazos se deberá reiniciar el promedio de las medias móviles (f_m) para las evaluaciones subsiguientes.

630.5.2.6 Calidad del producto terminado

630.5.2.6.1 Desviaciones máximas admisibles en las dimensiones laterales

- Vigas pretensadas y postensadas: -0.5 cm a $+1.0\text{ cm}$

- Vigas, columnas, placas, pilas, muros y estructuras similares de concreto reforzado: -1.0 cm a +2.0 cm
- Muros, estribos y cimientos -2.0 cm a +5.0 cm

630.5.2.6.2 Desplazamiento

El desplazamiento de las obras, con respecto a la localización indicada en los planos, no podrá ser mayor que la desviación máxima positiva (+) indicada para las desviaciones en el numeral 630.5.2.6.1.

630.5.2.6.3 Otras tolerancias

- Espesores de placas: -1.0 cm a + 2.0 cm
- Cotas superiores de placas y andenes: -1.0 cm a + 1.0 cm
- Recubrimiento del refuerzo: $\pm 10 \%$
- Espaciamiento entre varillas: -2.0 cm a + 2.0 cm

630.5.2.7 Regularidad de la superficie

La superficie no podrá presentar irregularidades que superen los límites que se indican a continuación, al colocar sobre la superficie una regla de tres metros (3 m).

- Placas y andenes: 0.4 cm
- Otras superficies de concreto simple o reforzado: 1.0 cm
- Muros de concreto ciclópeo: 2.0 cm

630.5.2.8 Curado

Toda fundida de concreto que no sea correctamente curada, puede ser rechazada por el Interventor. Si se trata de una superficie de contacto con fundidas subsecuentes de concreto, deficientemente curada, el Interventor podrá exigir

la remoción de una capa hasta de cinco centímetros (5 cm) de espesor, por cuenta del Constructor, y su consecuente reposición con una mezcla satisfactoria, correctamente curada.

Todo concreto donde los materiales, mezclas y producto terminado excedan las tolerancias de esta especificación deberá ser corregido por el Constructor, a su costa, de acuerdo con las indicaciones del Interventor y a plena satisfacción de éste. Esta corrección podrá contemplar, inclusive, la demolición parcial o total de la estructura.

630.6 MEDIDA

La unidad de medida del concreto estructural será el metro cúbico (m^3), aproximado al décimo de metro cúbico, de mezcla de concreto realmente suministrada, colocada y consolidada en obra, debidamente acabada y curada y aceptada a satisfacción por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma de ensayo INV E-823.

El volumen se determinará multiplicando la longitud horizontal, medida a lo largo de la estructura, por el ancho y espesor especificados en los planos o modificados por el Interventor. No se medirá, para los fines de pago, ninguna obra ejecutada por fuera de las dimensiones o líneas establecidas en los documentos del proyecto u ordenadas por el Interventor.

De los volúmenes calculados se deducirán los correspondientes a las tuberías de drenaje y elementos de acero, excepto los ocupados por el acero de refuerzo y de pre-esfuerzo.

630.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de adquisición, obtención de permisos y derechos de explotación y alquiler de las fuentes de las cuales se extraerán los agregados pétreos, así como el descapote y la preparación de las zonas por explotar y la adecuación paisajística de las fuentes para recuperar sus características hidrológicas superficiales al terminar la explotación.

Deberá cubrir, también, todos los costos de construcción o mejoramiento de las vías de acceso a las fuentes, los de la explotación de ellas; la selección, la trituración, y el eventual lavado y la clasificación de los materiales pétreos; el suministro, el almacenamiento, los desperdicios, cargues, transportes, descargues y las mezclas de todos los materiales constitutivos de la mezcla cuya fórmula de trabajo se haya aprobado, incluyendo los aditivos.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos por concepto de patentes utilizadas por el Constructor; el suministro, instalación y operación de los equipos; la preparación de la superficie de las excavaciones si no está contemplada en el Artículo 600; el suministro de materiales y accesorios para las formaleas y la obra falsa y su construcción y remoción; el diseño y la elaboración de las mezclas de concreto, su cargue, transporte al sitio de la obra, colocación y vibrado; el suministro y la aplicación del producto para el curado del concreto terminado, la ejecución de juntas y de agujeros para drenaje, el acabado, la limpieza final de la zona de las obras y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

También, deberá incluir el costo de la señalización preventiva y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos, y los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

Las obras de concreto que estén cubiertas por otro ítem de pago, tampoco se consideran incluidas en el presente Artículo.

El acero de refuerzo se medirá y pagará de acuerdo con el Artículo 640 y el de preesfuerzo de acuerdo con el Artículo 641.

630.8 ÍTEM DE PAGO

630.1 Concreto Clase _____

Metro cúbico (m³)

Nota: se deberá elaborar un ítem de pago para cada clase de concreto que tenga el proyecto. Cada clase de concreto deberá describirse completamente, de acuerdo con las indicaciones del numeral 630.2.6.

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIA

LECHADA PARA DUCTOS DE CONCRETO PREESFORZADO

ARTÍCULO 631 – 13

631.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro de materiales y la mezcla de cemento, agua y, eventualmente, arena fina y aditivos, y su inyección en los ductos de las armaduras activas para establecer la necesaria adherencia entre dichas armaduras y el concreto, así como protegerlas contra la corrosión.

631.2 MATERIALES

631.2.1 Cemento

El Cemento para la lechada deberá cumplir con lo especificado en el Artículo 501, "Suministro de cemento hidráulico", y deberá ser del tipo indicado en los documentos del proyecto. El cemento que se use en la inyección deberá ser fresco y no contendrá grumos, ni otras muestras de hidratación o fraguado falso.

631.2.2 Arena

La arena que se emplee eventualmente en la lechada deberá pasar, en su totalidad, el tamiz de 600 μm (No. 30) y no deberá contener partículas de tamaño inferior al tamiz de 75 μm (No. 200).

Deberá, además, estar exenta de impurezas y sustancias perjudiciales, tales como iones ácidos, y de partículas laminares procedentes de mica o pizarra.

631.2.3 Aditivos

Se permitirá el uso de aditivos, si se demuestra que ellos mejoran las propiedades de la mezcla y no causan efectos perjudiciales sobre el acero de pre-esfuerzo. Su empleo se deberá efectuar siguiendo las instrucciones del fabricante.

631.2.4 Agua

El Constructor deberá someter a la aprobación del Interventor, las fuentes de agua que se propone utilizar, indicando los sistemas de tratamiento, si se requieren, y presentando los análisis químicos respectivos.

El agua que se utilice para fabricación de la lechada, deberá ser limpia, libre de aceites, tierra, materia orgánica, azúcar, sedimentos, sales, álcalis, ácidos y cualquier otra sustancia que pueda afectar la calidad, resistencia y/o durabilidad de las obras. En particular, no deberá contener más de doscientos cincuenta miligramos (250 mg) de ión cloro por litro de agua, según la norma de ensayo ASTM D-512; su pH, determinado según la norma ASTM D-1293 deberá estar entre seis y ocho (6 y 8); y no podrá presentar trazas de hidratos de carbono.

Si se emplea agua potable, no se requiere ningún ensayo para verificar su calidad.

631.3 EQUIPO

El equipo para la inyección deberá incluir un mezclador capaz de realizar una mezcla mecánica continua que produzca una lechada libre de grumos y cemento no disperso, una bomba de inyección y equipo de limpieza con suministro de agua. El equipo debe permitir el bombeo de la lechada de manera que cumpla todos los requisitos. Deberán proveerse, además, equipos accesorios que proporcionen medidas de los sólidos y líquidos para obtener una mezcla adecuada.

Entre el mezclador y la bomba se deberá instalar un filtro a través del cual se tamizará la lechada. Este filtro deberá ser de fácil inspección y limpieza.

La bomba deberá ser de desplazamiento positivo y ser capaz de producir una presión de salida de al menos un megapascal (1 MPa). Deberá, además, disponer de sellos adecuados para prevenir el ingreso de aceite, aire o sustancias extrañas en la mezcla, y para prevenir la pérdida de agua; igualmente, deberá estar provista de un dispositivo de seguridad que evite sobrepresiones que se puedan producir por atascos en el interior de los ductos. Su alimentación deberá ser por gravedad, desde una tolva colocada directamente sobre ella, la cual deberá mantenerse llena, al menos parcialmente, durante todo el proceso de bombeo, de modo que se evite la entrada de aire en el ducto.

Bajo condiciones normales, el equipo para la inyección deberá ser capaz de suministrar lechada al tendón más largo en un tiempo inferior a veinte (20) minutos.

631.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

631.4.1 Generalidades

La inyección se deberá llevar a cabo lo antes posible después del tensado, no debiendo transcurrir entre la iniciación de éste y el principio de aquella más de los plazos establecidos en el numeral 631.4.5 de esta especificación, salvo si se ha previsto una adecuada protección provisional de las armaduras, o existe autorización expresa del Interventor.

631.4.2 Preparación de los ductos

Antes de proceder a la inyección se deberán limpiar los ductos con aire a presión, observando si éste llega a salir por el extremo opuesto en forma continua y regular, o si, por el contrario, existe algún tapón en el ducto, capaz de impedir el paso de la inyección, en cuyo caso se tomarán las medidas oportunas para asegurar que el conducto quede correctamente inyectado.

Si los cables han sido lubricados o protegidos provisionalmente, se deberá inyectar agua hasta eliminar el producto utilizado.

631.4.3 Diseño y elaboración de la lechada

La composición de la mezcla deberá contar con la aprobación del Interventor y se podrá establecer mediante ensayos efectuados antes de realizar la inyección, o puede ser seleccionada con base en experiencias previas con materiales y equipos similares en condiciones climáticas equivalentes. Salvo que los documentos del proyecto establezcan lo contrario, no se utilizará la arena fina en la inyección de ductos de diámetro inferior a quince centímetros (15 cm).

La lechada deberá tener la consistencia máxima compatible con la inyectabilidad. Sus características se indican en el numeral 631.5. Por lo general, la relación agua/cemento no deberá exceder de cuarenta y cinco centésimas (0.45).

Para su fabricación, los componentes se introducen en el depósito de mezcla en el siguiente orden: agua, cemento y arena, en el caso de

recomendarse el uso de esta última. Si se emplea algún aditivo, éste se deberá agregar en la segunda mitad del tiempo de mezclado, a no ser que el fabricante recomiende algo diferente.

El tiempo de mezclado dependerá del tipo de mezclador utilizado, pero deberá ser el suficiente para obtener una lechada uniforme, sin exceso de incrementos de temperatura o pérdida de propiedades expansivas del aditivo, pero no puede ser menor de 4 minutos. La lechada deberá ser permanentemente agitada durante el bombeo. No se permitirá la adición de agua para incrementar la manejabilidad de la mezcla, cuando ésta haya disminuido por uso tardío de la lechada.

631.4.4 Inyección

Todas las coberturas de llenado y ventilación deberán estar abiertas en el momento de iniciar la inyección. La inyección se deberá efectuar desde el anclaje más bajo o la abertura de ventilación inferior del ducto, con todos los tubos restantes abiertos. A medida que la inyección vaya saliendo por los sucesivos tubos de purga más próximos al punto por donde se inyecta, se irán cerrando éstos, dejando previamente fluir por ellos la lechada hasta que tenga la misma consistencia que la que se inyecta y hayan cesado de salir burbujas de aire.

La capacidad de la bomba inyectora debe poder asegurar dentro de los ductos de menos de diez centímetros (10 cm) de diámetro una progresión de seis (6) a doce (12) metros por minuto, con una presión compatible con la resistencia de los ductos y, como mínimo, medio megapascal (0.5 MPa) o cinco kilogramos por centímetro cuadrado (5 kg/cm²) y como máximo un megapascal (1 MPa) o diez kilogramos por centímetro cuadrado (10 kg/cm²).

La inyección de cada ducto se hará de forma continua e ininterrumpida, con la uniformidad necesaria para impedir la segregación de la mezcla, y hasta que se observe que la consistencia de la lechada en la salida del ducto corresponde a la misma que se está aplicando en el extremo opuesto.

Una vez aprobada la consistencia de la lechada en la salida del ducto y para asegurar que el tendón permanece lleno de lechada, se cerrará el orificio de salida y se dejará que la presión de bombeo llegue hasta la utilizada, presión que se mantendrá durante un mínimo de tres (3) minutos, procediendo a continuación, a tapar la entrada. Los tapones,

válvulas y demás accesorios no se deberán remover hasta que la lechada haya secado.

No deberán transcurrir más de treinta (30) minutos desde el amasado hasta el comienzo de la inyección, a no ser que se utilicen retardadores.

Para evitar grumos, se recomienda pasar el mortero por un tamiz No. 10 al momento de efectuar la inyección. Este tamiz eliminará al mismo tiempo las posibles impurezas.

En caso de defectos en la operación de inyección, tales como fugas por rotura de ductos o por falta de compactación en el concreto que los rodea, éstos deberán ser reparados hasta lograr que la lechada los llene perfectamente. En caso de taponamientos en los ductos, tales taponamientos deberán ser localizados y eliminados; para ello, se lavará en sentido contrario a la inyección, inyectando agua a alta presión hasta lavar totalmente el ducto en sentido contrario. Luego se lavará nuevamente en sentido de la inyección y se repetirá la operación de inyección.

Si no se logra eliminar el taponamiento, se deberá perforar el concreto por medio de barrenos hasta las proximidades del taponamiento, para proporcionar paso a la inyección y asegurar el llenado del resto del ducto.

Por ningún motivo se permitirá que un ducto o parte del mismo quede sin la protección que proporciona la lechada, pues se corre el riesgo de que se rompa por efecto de la corrosión.

631.4.5 Limitaciones en la ejecución

Cuando la temperatura sea inferior a cero grados Celsius (0°C), los ductos se deberán mantener libres de agua.

La temperatura del concreto deberá ser, como mínimo, dos grados Celsius (2°C), desde el momento de la inyección hasta que la resistencia de cubos de prueba de lechada alcance un valor mínimo de cincuenta y seis kilogramos por centímetro cuadrado (56 kg/cm^2).

La lechada no deberá tener una temperatura superior a treinta y seis grados Celsius (36°C) durante el proceso de mezcla o bombeo. Si es necesario, el agua de mezclado deberá ser enfriada.

El intervalo permisible entre la instalación del acero de alta resistencia y la inyección de la lechada de cemento, sin el uso de un inhibidor de corrosión, para las diferentes condiciones climáticas a que puede estar expuesta la estructura, está dado por:

- Atmósfera muy húmeda (humedad relativa mayor a 70 %), no deben pasar más de 7 días.
- Atmósfera moderada (humedad relativa entre un 40 % y 70 %), no deben pasar más de 15 días.
- Atmósfera muy seca (humedad relativa menor a 40 %), no deben pasar más de 20 días.

631.4.6 Manejo ambiental

Todas las labores de fabricación y ejecución de la lechada para ductos de concreto preesforzado se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

631.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

631.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento del equipo de construcción.
- Verificar el cumplimiento de todas las medidas requeridas sobre seguridad y medio ambiente.
- Controlar la calidad y dosificación de los materiales que componen la lechada.
- Verificar la resistencia de la lechada endurecida.
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aprobado.

- Controlar las presiones del manómetro de la bomba durante la inyección.

El Interventor, en caso de duda sobre la calidad de la inyección realizada, exigirá la realización de radiografías del ducto, las cuales se tomarán a costa del Constructor.

631.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

631.5.2.1 Calidad de los materiales

Se efectuarán todas las comprobaciones que el Interventor considere necesarias, para asegurar que los materiales se ajustan a los requisitos de calidad establecidos en el numeral 631.2 de este Artículo. Todo material que no los satisfaga, será rechazado.

631.5.2.2 Calidad de la lechada

La lechada deberá tener la máxima consistencia que sea compatible con la inyectabilidad. El valor de la fluidez, expresado por el tiempo que tarda en salir un litro de lechada (1 l) por el cono de Marsh, estará comprendido entre diecisiete y veinticinco segundos (17 s - 25 s).

El valor de la exudación, medido en probeta cilíndrica, herméticamente cerrada, de diez centímetros (10 cm) de diámetro y diez centímetros (10 cm) de altura, no será superior al dos por ciento (2 %) a las tres (3) horas, ni al cuatro por ciento (4 %), como máximo absoluto y la propia lechada deberá reabsorber el agua exudada pasadas veinticuatro (24) horas.

La reducción de volumen o contracción, medida sobre la misma probeta, no será superior al dos por ciento (2 %).

En cuanto a la expansión eventual, que se presenta cuando se utilizan aditivos destinados para tal fin, no podrá exceder del diez por ciento (10 %).

La resistencia a compresión de la pasta no será inferior a treinta megapascuales (30 MPa) o trescientos kilogramos por centímetro cuadrado (300 kg/cm²), a los veintiocho (28) días.

631.5.2.3 Calidad del producto terminado

Todos los ductos deberán ser llenados totalmente por la lechada. En caso de defectos, se procederá como se indica en el numeral 631.4.4.

El Interventor se abstendrá de aceptar materiales y mezcla cuya calidad no se ajuste a las exigencias de la presente especificación, como tampoco trabajos cuyas deficiencias atenten, a su juicio, contra la calidad y la duración de la obra en la cual se inyecta la lechada. Todas las correcciones y modificaciones que se deban efectuar correrán por cuenta del Constructor, quien deberá realizarlas a plena satisfacción del Interventor, en el menor tiempo posible.

631.6 MEDIDA

No habrá medida, para efectos de pago separado, de la lechada requerida para llenar los ductos de concreto preesforzado.

631.7 FORMA DE PAGO

No habrá pago separado por la lechada para ductos de concreto preesforzado. Por lo tanto, todos los costos de suministro de materiales, almacenamiento, manejo, transportes, cargues, descargues, mezcla, preparación de ductos, inyección, radiografías y cualquier otro costo requerido para la correcta ejecución de los trabajos especificados en este Artículo deberá estar incluido en el ítem correspondiente al Artículo 641, "Acero de preesfuerzo".

BARANDAS DE CONCRETO

ARTÍCULO 632 – 13

632.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la construcción de barandas de concreto reforzado, de acuerdo con las formas, dimensiones, refuerzos, y en los sitios señalados en los planos del proyecto o determinados por el Interventor.

632.2 MATERIALES

632.2.1 Concreto

Se utilizará concreto de acuerdo con el diseño indicado en los planos del proyecto, que cumpla con lo señalado en el Artículo 630, “Concreto estructural”.

632.2.2 Acero de refuerzo

El acero empleado en la construcción de las barandas deberá cumplir con los requerimientos del diseño y con las características indicadas en el Artículo 640, “Acero de Refuerzo”.

632.3 EQUIPO

Al respecto, rige todo lo que sea aplicable del numeral 630.3 del Artículo 630, “Concreto estructural”.

632.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

632.4.1 Construcción de la baranda

Las barandas de concreto se deberán construir conforme a los requerimientos y exigencias del numeral 630.4 del Artículo 630 “Concreto estructural”.

No se permitirá la colocación de barandas de concreto en luces de puentes en las cuales no se haya retirado toda la obra falsa o estructura de soporte.

El Constructor deberá tener especial cuidado en la colocación de formaletas, con el fin de que éstas se puedan retirar sin causar daño o deterioro del concreto. Las formaletas y tiras de bisel deberán ser construidas de acuerdo con los planos de detalle, con las esquinas bien terminadas, libres de fisuras, astilladuras u otro defecto.

No se permitirán juntas de formaletas en superficies planas.

Las barandas se deberán construir por tramos, para instalar las respectivas juntas que permitan la libre dilatación y contracción de los elementos.

Para iniciar el vaciado del concreto el Constructor deberá tener previa autorización del Interventor.

En caso de construcción de barandas de concreto en zonas donde haya presencia de tránsito o peatones, el Constructor deberá colocar la señalización respectiva para garantizar la seguridad de los mismos, así como la del personal de trabajo.

632.4.2 Elementos reflectantes

En los lugares de las barandas donde los planos del proyecto o el Interventor lo exijan, se deberán colocar elementos retrorreflectantes apernados según las exigencias del Artículo 740 "Captafaros", o de la especificación particular respectiva.

632.4.3 Barandas mixtas

Los elementos de concreto de la baranda deberán ceñirse a lo estipulado en el presente Artículo, y los requerimientos de los elementos metálicos, que no conforman el acero de refuerzo del concreto, se ajustarán a las especificaciones particulares del proyecto y al Artículo 650, "Estructuras de acero".

632.4.4 Manejo ambiental

Todas las determinaciones referentes a los trabajos de barandas de concreto deberán ser tomadas considerando la protección del medio ambiente y las disposiciones vigentes sobre el particular.

632.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

632.5.1 Controles

Resultan aplicables los descritos en el numeral 630.5.1 del Artículo 630 “Concreto estructural”.

632.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**632.5.2.1 Calidad de los materiales**

En relación con la calidad del cemento, agua, agregados y eventuales aditivos y productos químicos de curado, aplicarán los requisitos establecidos en el Artículo 630, numerales 630.5.2.1, 630.5.2.2, 630.5.2.3 y 630.5.2.4.

En relación con la calidad del acero para el refuerzo, aplicarán los requisitos establecidos el Artículo 640, numeral 640.5.2.

632.5.2.2 Calidad de la mezcla

En cuanto a la calidad de la mezcla de concreto, incluyendo su resistencia, se aplicará lo descrito en el numeral 630.5.2.5 del Artículo 630, excepto lo referente a la ejecución de pruebas de carga a expensas del Constructor. En consecuencia, si en caso de discusión, la resistencia de los núcleos tomados de la obra ejecutada no resulta satisfactoria, el Interventor rechazará la longitud de baranda representada por dichos núcleos y el Constructor deberá demoler la obra insatisfactoria, remover los escombros, cargarlos, transportarlos y depositarlos en sitios aprobados mediante procedimientos satisfactorios para el Interventor, y reconstruirá la baranda en total acuerdo al presente Artículo;

operaciones que deberá efectuar sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

632.5.2.3 Calidad del producto terminado

El Interventor sólo aceptará tramos de baranda de concreto cuya forma, resistencia y dimensiones correspondan a las señaladas en los planos del proyecto o autorizadas por él.

En particular, rechazará aquellas piezas que presenten desviaciones que superen el rango -1.0 cm a + 2.0 cm en las dimensiones, así como toda baranda cuyo desplazamiento, con respecto a la localización indicada en los planos, exceda de dos centímetros (2.0 cm).

También, se abstendrá de aceptar barandas cuyos bordes y esquinas no estén bien terminados o presenten fisuras, astilladuras u otros defectos.

Toda baranda de concreto donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de la presente especificación, deberá ser corregida por el Constructor, a su costa, de acuerdo con procedimientos aceptados por el Interventor y a plena satisfacción de éste.

632.6 MEDIDA

La unidad de medida será el metro lineal (m), aproximado al décimo de metro lineal, de baranda de concreto realmente terminada en obra, debidamente aceptada por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

La medida se efectuará a lo largo del eje de la baranda.

No se medirán, para efectos de pago, longitudes de baranda construida por fuera de los límites indicados en los planos o autorizados por el Interventor.

632.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto del suministro, colocación y retiro de formaletas; el suministro de materiales, producción, transporte, colocación y curado del concreto; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor a que haya lugar durante la ejecución de los trabajos; todo equipo y mano de obra requeridos para la correcta elaboración y terminación de la baranda y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

Solamente habrá pago separado por concepto del suministro y colocación del acero de refuerzo, actividades que se realizarán con cargo al Artículo 640, “Acero de refuerzo”, y en caso de barandas mixtas los elementos metálicos de acuerdo al Artículo 650 “Estructuras de acero”.

632.8 ÍTEM DE PAGO

632.1 Baranda de concreto

Metro lineal (m)

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente
NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

ACERO DE REFUERZO

ARTÍCULO 640 – 13

640.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, almacenamiento, corte, doblamiento y colocación de barras de acero en estructuras de concreto, en concordancia con los planos del proyecto, esta especificación y las instrucciones y recomendaciones dadas por el Interventor.

640.2 MATERIALES

640.2.1 Barras de refuerzo

Deberán cumplir las que sean pertinentes de las siguientes normas, según se establezca en los planos del proyecto: NTC 161, NTC 248 y NTC 2289; AASHTO M-31 y ASTM A-706.

El refuerzo liso solo se permite en estribos, refuerzo de retracción y temperatura o refuerzo en espiral, siempre y cuando así esté contemplado en los planos del proyecto; no se puede utilizar como refuerzo longitudinal a flexión. No se permite acero liso en refuerzo longitudinal ni transversal de elementos que sean parte del sistema de resistencia sísmica, excepto en las espirales, si así lo indican los planos del proyecto.

640.2.2 Mallas electrosoldadas

Los alambres para mallas y las mallas en sí deberán cumplir con las siguientes normas, según se establezca en los planos del proyecto: NTC 1925 y NTC 2310; ASTM A-185 y ASTM A-497; AASHTO M- 32, AASHTO M-55, AASHTO M-221 y AASHTO M-225.

En mallas de alambre liso, las intersecciones soldadas no deben estar espaciadas a más de 300 mm, ni a más de 400 mm en mallas de alambre corrugado, excepto cuando las mallas se utilizan como estribos.

640.2.3 Masas teóricas de las barras de refuerzo

Para efectos de la comprobación de la designación y del pago de las barras, se considerarán las masas unitarias que se indican en las Tablas 640 - 1 y 640 - 2

Los números de designación, son iguales al número de octavos de pulgada del diámetro nominal de referencia. La letra M indica que son diámetros nominales en milímetros (mm).

Tabla 640 – 1. Masa de las barras por unidad de longitud
(Diámetros basados en octavos de pulgada)

BARRA	DIÁMETRO NOMINAL		MASA (kg/m)
	(mm)	(pulgadas)	
No. 2	6.4	$\frac{1}{4}$	0.25
No. 3	9.5	$\frac{3}{8}$	0.56
No. 4	12.7	$\frac{1}{2}$	1.00
No. 5	15.7	$\frac{3}{8}$	1.55
No. 6	19.1	$\frac{3}{4}$	2.24
No. 7	22.2	$\frac{7}{8}$	3.04
No. 8	25.4	1	3.97
No. 9	28.7	1 $\frac{1}{8}$	5.06
No. 10	32.3	1 $\frac{1}{4}$	6.41
No. 11	35.8	1 $\frac{3}{8}$	7.91
No. 14	43.0	1 $\frac{3}{4}$	11.38
No. 18	57.3	2 $\frac{1}{4}$	20.24

Tabla 640 – 2. Masa de las barras por unidad de longitud (Diámetros basados en milímetros)

BARRA	DIÁMETRO NOMINAL (mm)	MASA (kg)
6M	6.0	0.22
8M	8.0	0.39
10M	10.0	0.62
12M	12.0	0.89
16M	16.0	1.58
18M	18.0	2.00
20M	20.0	2.47
22M	22.0	2.98
25M	25.0	3.85
32M	32.0	6.31
45M	45.0	12.48
55M	55.0	18.64

640.3 EQUIPO

Se requiere de equipo adecuado para el corte y el doblado de las barras de refuerzo.

Si se autoriza el empleo de soldadura, el Constructor deberá disponer del equipo apropiado para dicha labor y de personal capacitado para la misma. Se requiere, además, la certificación del fabricante del acero que indique que el producto es apto para ser soldado y que dé las recomendaciones para esta labor.

Se requieren, además, elementos que permitan asegurar correctamente el refuerzo en su posición, así como herramientas menores.

640.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

Se deberán tener en cuenta las exigencias del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente y del Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes, en sus versiones vigentes, en todos los aspectos que resulten aplicables.

640.4.1 Planos y despiece

Antes de cortar el material según las formas indicadas en los planos, el Constructor deberá verificar las listas de despiece y los diagramas de doblado. Si los planos no los muestran, las listas y los diagramas deberán ser preparados por el Constructor para someterlos a la aprobación del Interventor, pero tal aprobación no exime a aquel de su responsabilidad por la exactitud de los mismos. En este caso, el Constructor deberá contemplar el costo de la elaboración de las listas y los diagramas mencionados, dentro de los precios de su oferta.

Si el Constructor desea replantear una junta de construcción en cualquier parte de una estructura para la cual el Interventor le haya suministrado planos de refuerzo y listas de despiece, y dicho replanteo es aprobado por el Interventor, el Constructor deberá revisar, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, los planos y las listas de despiece que correspondan a la junta propuesta, y someter las modificaciones respectivas para aprobación del Interventor, al menos treinta (30) días antes de la fecha prevista para el corte y el doblamiento del refuerzo para dicha parte de la obra. Si, por cualquier razón, el Constructor no cumple con este replanteo, la junta y el refuerzo correspondiente deberán ser

dejados sin modificación alguna, según se muestre en los planos suministrados por el Interventor.

640.4.2 Suministro y almacenamiento

Todo envío de acero de refuerzo que llegue al sitio de la obra o al lugar donde vaya a ser doblado, deberá estar identificado con etiquetas en las cuales se indiquen la fábrica, el grado del acero y el lote o colada correspondiente.

El acero deberá ser almacenado en forma ordenada por encima del nivel del terreno, sobre plataformas, largueros u otros soportes de material adecuado y deberá ser protegido, hasta donde sea posible, contra daños mecánicos y deterioro superficial, incluyendo los efectos de la intemperie y de ambientes corrosivos.

640.4.3 Doblamiento

Las barras de refuerzo deberán ser dobladas en frío, de acuerdo con las listas de despiece aprobadas por el Interventor. Los diámetros mínimos de doblamiento, medidos en el interior de la barra, con excepción de flejes y estribos, no deben ser menores que los indicados en la Tabla 640 - 3.

El diámetro mínimo de doblamiento para estribos de barras No. 5 y 16M o menores no debe ser menos de cuatro (4) veces el diámetro. Para barras mayores a la No. 5 y 16M se doblarán con los diámetros mínimos establecidos en la Tabla 640 - 3.

El doblamiento de las barras se realizará en frío y a una velocidad moderada. Deberá evitarse el doblado de barras a temperaturas inferiores a cinco grados centígrados (5° C).

640.4.4 Colocación y amarre

Todo acero de refuerzo al ser colocado en la obra y antes de la fundición del concreto, deberá estar libre de polvo, escamas de óxido, rebabas, pintura, aceite, grasa o cualquier otro tipo de suciedad que pueda afectar la adherencia del acero en el concreto. Todo mortero seco deberá ser quitado del acero.

Tabla 640 - 3
Diámetro mínimo de doblamiento

NÚMERO DE BARRA	DIÁMETRO MÍNIMO
2 a 8 6M a 25M	6 diámetros de la barra
9 a 11 32M	8 diámetros de la barra
14 y 18 45M y 55M	10 diámetros de la barra

Las barras deberán ser colocadas con exactitud, de acuerdo con las indicaciones de los planos, y deberán ser aseguradas firmemente en las posiciones señaladas, de manera que no sufran desplazamientos durante la colocación y el fraguado del concreto. La posición del refuerzo dentro de las formaleas deberá ser mantenida por medio de tirantes, bloques, silletas de metal, espaciadores o cualquier otro soporte aprobado. Los bloques deberán ser de mortero de cemento prefabricado, de calidad, forma y dimensiones aprobadas. Las silletas de metal que entren en contacto con la superficie exterior del concreto, deberán ser galvanizadas. No se permitirá el uso de guijarros, fragmentos de piedra o de ladrillo, tubería de metal o bloques de madera.

Las barras se deberán amarrar con alambre en todas las intersecciones, excepto en el caso de espaciamientos menores de 300 mm, para lo cual se amarrarán alternadamente. El alambre usado para el amarre deberá ser del tipo negro calibre número dieciocho (No. 18). No se permitirá la soldadura en las intersecciones de las barras de refuerzo.

Si el refuerzo de malla se suministra en rollos para ser usados en superficies planas, la malla deberá ser enderezada en láminas planas, antes de su colocación.

Cuando se coloquen dos o más filas de barras, las de las filas superiores deberán colocarse directamente encima de las de la fila inferior y la separación libre entre filas no deberá ser menor de veinticinco milímetros (25 mm).

Cuando se coloquen dos o más filas (o capas) de barras, las barras superiores deberán colocarse directamente encima de las inferiores y la

separación libre entre filas no deberá ser menor de treinta y cinco milímetros (35 mm), no menor que el diámetro de la barra, ni menor de uno con treinta y tres (1.33) veces el tamaño del agregado grueso.

Estos requisitos se deberán cumplir, también, en la separación libre entre un empalme por traslapo y otros empalmes u otras barras.

Además, se deberán obtener los recubrimientos mínimos especificados en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente y en el Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes.

El Interventor deberá revisar y aprobar el refuerzo de todas las partes de las estructuras, antes de que el Constructor inicie la colocación del concreto.

640.4.5 Traslapos y uniones

Los traslapos de las barras de refuerzo deberán cumplir los requisitos establecidos en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente y en el Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes; los traslapos se efectuarán en los sitios mostrados en los planos o donde lo indique el Interventor, debiendo ser localizados de acuerdo con las juntas del concreto.

El Constructor podrá introducir traslapos y uniones adicionales, en sitios diferentes a los mostrados en los planos, siempre y cuando dichas modificaciones sean aprobadas por el Interventor, que los traslapos y uniones en barras adyacentes queden alternados según lo exija éste, y que el costo del refuerzo adicional requerido sea asumido totalmente por el Constructor.

En los traslapos, las barras deberán quedar colocadas en contacto entre sí, amarrándose con alambre, de manera que mantengan la alineación y su espaciamiento dentro de las distancias libres mínimas especificadas en relación a las demás varillas y a las superficies del concreto.

El Constructor podrá reemplazar las uniones traslapadas por uniones soldadas empleando soldadura que cumpla las normas de la American Welding Society, AWS D1.4. En tal caso, los soldadores y los procedimientos deberán ser precalificados por el Interventor de acuerdo con los requisitos de la AWS y las juntas soldadas deberán ser revisadas radiográficamente o por otro método no destructivo que esté

contemplado por la práctica. El costo de este reemplazo y el de las pruebas de revisión del trabajo así ejecutado, correrán por cuenta del Constructor.

Las láminas de malla o parrillas de varillas se deberán traslapar suficientemente entre sí, para mantener una resistencia uniforme y se deberán asegurar en los extremos y bordes. El traslapo de borde deberá ser, como mínimo, igual a un (1) espaciamiento en ancho.

640.4.6 Cuantías del refuerzo

Se deben cumplir en toda sección de un elemento estructural las disposiciones de cuantías máximas y mínimas establecidas en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente y en el Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes.

640.4.7 Sustituciones

La sustitución de cuantías de refuerzo sólo se podrá efectuar con autorización del Interventor. En tal caso, el acero sustituido deberá tener un área y perímetro equivalentes o mayores que el área y perímetro de diseño, sin exceder los límites establecidos en el numeral 640.4.6.

640.4.8 Manejo ambiental

El suministro, almacenamiento, transporte e instalación del acero de refuerzo efectivamente colocado en la estructura, así como el manejo de los desperdicios ocasionados, deberá realizarse en un todo de acuerdo con la normatividad ambiental vigente.

640.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

640.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento del equipo de construcción.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan con los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.

- Verificar que el corte, doblado, colocación y cuantía del refuerzo se efectúen de acuerdo con los planos, con esta especificación y con sus instrucciones.
- Vigilar la regularidad del suministro del acero durante el periodo de ejecución de los trabajos.
- Verificar que cuando se sustituya el refuerzo indicado en los planos, se utilice acero de área y perímetro iguales o superiores a los de diseño.
- Efectuar las medidas correspondientes para el pago del acero de refuerzo correctamente suministrado y colocado.

El Interventor solicitará al Constructor copia certificada de los análisis químicos y pruebas físicas realizadas por el fabricante a muestras representativas de cada suministro de barras de acero

640.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

640.5.2.1 Calidad del acero

Las barras y mallas de refuerzo deberán ser ensayadas en fábrica y sus resultados deberán satisfacer los requerimientos de las normas correspondientes NTC, AASHTO o ASTM relacionadas en el numeral 640.2.

El Constructor deberá suministrar al Interventor una certificación de los resultados de los análisis químicos y pruebas físicas realizadas por el fabricante para el lote correspondiente en cada envío de refuerzo a la obra. En caso de que el Constructor no cumpla con este requisito, el Interventor ordenará, a expensas de aquel, la ejecución de todos los ensayos que considere necesarios sobre el refuerzo, antes de aceptar su utilización.

Cuando se autorice el empleo de soldadura para las uniones, su calidad y la del trabajo ejecutado se verificarán de acuerdo con lo indicado en el numeral 640.4.5.

Las varillas que tengan fisuras o hendiduras en los puntos de flexión, serán rechazadas.

640.5.2.2 Calidad del producto terminado

Se aceptarán las siguientes tolerancias en la colocación del acero de refuerzo:

640.5.2.2.1 Desviación en el espesor de recubrimiento:

- Con recubrimiento menor o igual a cincuenta milímetros (≤ 50 mm): cinco milímetros (5 mm).
- Con recubrimiento superior a cincuenta milímetros (> 50 mm): diez milímetros (10 mm).

640.5.2.2.2 Desviación en los espaciamientos prescritos:

Se deberá cumplir lo indicado en el numeral 640.4.4.

640.5.2.2.3 Área

No se permitirá la colocación de acero con áreas y perímetros inferiores a los de diseño.

Todo defecto de calidad o de instalación que exceda las tolerancias de esta especificación, deberá ser corregido por el Constructor, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con procedimientos aceptados por el Interventor y a plena satisfacción de éste.

640.6 MEDIDA

La unidad de medida será el kilogramo (kg), aproximado al décimo de kilogramo, de acero de refuerzo para estructuras de concreto realmente suministrado y colocado en obra y debidamente aceptado por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

La medida no incluye el peso de soportes, separadores, silletas de alambre o elementos similares utilizados para mantener el refuerzo en su sitio; ni los empalmes adicionales a los indicados en los planos, que hayan sido autorizados por el Interventor, para conveniencia del Constructor.

Tampoco se medirá el acero específicamente estipulado para pago en otras unidades de obra del contrato.

Si se sustituyen barras a solicitud del Constructor y como resultado de ello se usa más acero del que se ha especificado, no se medirá la cantidad adicional.

La medida para barras se basará en la masa computada para los tamaños y longitudes de barras utilizadas, usando las masas unitarias indicadas en las Tablas 640 - 1 y 640 - 2.

La medida para malla de alambre será el producto del área en metros cuadrados de malla efectivamente incorporada y aceptada en la obra por su masa real en kilogramos por metro cuadrado (kg/m^2), aproximado al kilogramo completo. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se medirán cantidades en exceso de las indicadas en los planos del proyecto o las ordenadas por el Interventor.

640.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de suministro, ensayos, transportes, almacenamiento, corte, desperdicios, doblamiento, limpieza, colocación y fijación del refuerzo y por toda mano de obra, materiales, patentes, equipos e imprevistos necesarios para terminar correctamente el trabajo, de acuerdo con los planos, con esta especificación y con las instrucciones del Interventor.

El precio unitario deberá incluir, también, todos los costos por concepto de elaboración de listas de despiece y diagramas de doblado cuando ellos no hayan sido suministrados, por el suministro e instalación de abrazaderas, separadores, silletas de alambre o cualquier otro elemento utilizado para sostener y mantener el refuerzo en su sitio, así como los de la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos y todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá incluir, también, la administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

No habrá lugar a pago separado por el acero de refuerzo para concreto colocado con el propósito de reemplazar estructuras de concreto que se deterioren o queden defectuosas o en el concreto que el Constructor haya utilizado para su conveniencia con o sin autorización del Interventor. Tampoco se pagará por separado el acero cuyo pago se haya estipulado en otras unidades de obra del Contrato, ni por los trabajos de soldadura que se autoricen para uniones soldadas en reemplazo de uniones traslapadas.

640.8 ÍTEM DE PAGO

640.1	Acero de refuerzo $f_y =$ ____ MPa	Kilogramo (kg)
640.2	Malla de refuerzo $f_y =$ ____ MPa	Kilogramo (kg)

Nota: se deberá elaborar un ítem de pago para resistencia de acero que se especifique en el proyecto

ç

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente
NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

ACERO DE PREESFUERZO

ARTÍCULO 641 – 13

641.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro, colocación y tensionamiento de acero de preesfuerzo, de acuerdo con los detalles indicados en los planos, las exigencias de esta especificación y las instrucciones del Interventor. Consiste, además, en el suministro e instalación de todos los accesorios necesarios para los diferentes sistemas de preesfuerzo usados, incluyendo ductos, anclajes e inyecciones de lechada.

641.2 MATERIALES

641.2.1 Acero de preesfuerzo

El acero de preesfuerzo podrá consistir en cables de acero de alta resistencia de siete alambres, alambre de acero de alta resistencia o barras de alta resistencia del tipo y grado especificados en los planos o en las especificaciones que se mencionan a continuación.

641.2.1.1 Cables

Los cables (torones) de siete alambres sin revestimiento deberán cumplir lo especificado en las normas AASHTO M 203, NTC 2010 o ASTM A 416.

641.2.1.2 Alambres

Los alambres de acero sin recubrimiento deberán cumplir los requisitos de las normas AASHTO M 204, NTC 159 o ASTM A 421.

641.2.1.3 Barras

Las barras de alta resistencia sin recubrimiento deberán cumplir los requisitos de las normas AASHTO M 275, NTC 2142 o ASTM A 722. Se podrán usar barras con resistencia última mayor a la especificada en las normas anteriores,

siempre y cuando se demuestre que poseen propiedades superiores a las especificadas.

Todo cable, alambre o barra que se envíe al sitio deberá tener un número de envío para efectos de identificación. Los anclajes se deberán identificar de igual manera.

Cada lote de alambre o barras y cada rollo de cable deberán estar acompañados de un certificado de fábrica que incluya características técnicas, composición química, sección transversal, esfuerzos de fluencia y último, elongación a la rotura, módulo de elasticidad, y curva esfuerzo deformación del acero que se pretende utilizar. La resistencia real del acero de preesfuerzo no deberá ser menor que la especificada en la norma aplicable, y las pruebas se deberán realizar según los procedimientos de dicha norma.

641.2.2 Anclajes y acoples

Todos los anclajes y acoples deberán desarrollar al menos el noventa y cinco por ciento (95 %) de resistencia última especificada para el acero de preesfuerzo, al ser probados antes de ser adheridos, sin exceder el asentamiento del anclaje esperado. Los acoples de tendones no deberán reducir la elongación de rotura por debajo de los requisitos del tendón mismo. Los acoples o sus componentes deberán estar encerrados en camisas que permitan los movimientos necesarios. Los acoples sólo se podrán utilizar en los sitios mostrados en los planos o aprobados por el Interventor. No se podrán utilizar en sitios donde se presenten fuertes curvaturas.

Los dispositivos de anclaje para cables no adheridos, deberán ser capaces de transmitir al concreto una carga igual a la capacidad del cable bajo las condiciones de carga estática y cíclica.

Cualquier refuerzo suplementario requerido en la zona local del anclaje, para resistir concentraciones de esfuerzos en la vecindad del anclaje, que sea dependiente de la configuración del anclaje, debe ser considerado parte integrante del anclaje. Dicho refuerzo deberá ser diseñado por el suministrador del anclaje, y colocado adicionalmente al refuerzo general de la zona que se muestre en los planos.

641.2.3 Ductos

Los ductos utilizados para proveer las cavidades en el concreto para la colocación de cables de postensionamiento podrán estar formados bien sea por núcleos removibles o por ductos rígidos o semirrígidos que se funden dentro del concreto. Los ductos formados por núcleos removibles no deberán tener reducciones que tiendan a cerrar el paso de lechada. Todos los materiales del núcleo deberán removerse. Los ductos formados que deban quedar embebidos no deberán permitir el paso de lechada, deberán ser capaces de transferir los esfuerzos de contacto y conservar su forma bajo el peso del concreto, manteniendo el alineamiento sin pandeos visibles durante la colocación del concreto.

641.2.3.1 Ductos metálicos

Los ductos laminados deberán ser metálicos, a menos que se apruebe algo diferente. Deberán ser de metal ferroso galvanizado y fabricados con uniones soldadas o trabadas. Los ductos soldados no requieren galvanizado. Los ductos rígidos deberán tener paredes interiores suaves y deberán ser capaces de sufrir curvaturas hasta los límites requeridos, sin sufrir achatamiento. Los ductos semirrígidos deberán ser corrugados, y cuando los tendones sean insertados con posterioridad a la colocación del concreto, el espesor mínimo de pared deberá ser calibre veintiséis (26) para ductos de diámetros menores o iguales a sesenta y siete milímetros (67 mm), y calibre veinticuatro (24) para diámetros mayores. Cuando los tendones son preensamblados con dichos ductos, el espesor de pared del ducto no deberá ser inferior al calibre treinta y uno (31).

641.2.3.2 Ductos de polietileno

Como alternativa a ductos metálicos, los ductos para tendones transversales en placas de piso y en otros sitios mostrados en los planos o aprobados por el Interventor, podrán ser de polietileno de alta densidad, de acuerdo a la norma ASTM D 3350. Los ductos de polietileno no se podrán usar cuando el radio de curvatura del tendón sea inferior a nueve metros (9 m).

Los ductos semirrígidos de polietileno que se usen completamente embebidos en concreto deberán ser corrugados, con un espesor mínimo de material de un milímetro y tres décimas, más o menos tres décimas de milímetro ($1.3 \text{ mm} \pm 0.3 \text{ mm}$). Tales ductos deberán tener una cubierta exterior blanca o ser de material blanco con estabilizadores ultravioletas incorporados.

Los ductos rígidos de polietileno para uso donde el tendón no esté embebido en concreto deberán ser de tubería rígida fabricada según las normas ASTM D 2447, ASTM F 714, ASTM D 2239, o ASTM D 30. Para aplicaciones externas, estos ductos deberán tener una relación diámetro/espesor de pared de veintiuno o menor (≤ 21).

Para aplicaciones donde los ductos de polietileno estén expuestos a la luz solar o ultravioleta, deberá incorporarse un compuesto negro de carbón a la resina de polietileno del ducto, para proveer resistencia a la degradación por luz ultravioleta, de acuerdo con la norma ASTM D 1248.

641.2.3.3 Área de ductos

El diámetro interior de los ductos deberá ser al menos seis milímetros (6 mm) mayor que el diámetro nominal del alambre, barra o cable o, en el caso de tendones de varios cables, el diámetro del ducto debe ser al menos dos (2) veces el área neta del acero de preesfuerzo. Cuando los tendones se coloquen por el método de empuje a través del ducto, el área del ducto debe ser al menos dos y media (2.5) veces al área neta del acero de preesfuerzo.

641.2.3.4 Accesorios de los ductos

Los acoples y transiciones de ductos formados por láminas deberán ser de metal ferroso o polietileno, y deberán ser a prueba de entrada de lechada y poseer la suficiente resistencia para prevenir distorsión o desplazamiento de los ductos durante la colocación del concreto. Todos los ductos de los ensambles de anclaje deberán proveerse de tubos u otras conexiones apropiadas en cada extremo del ducto para la inyección de lechada posterior al preesfuerzo. Deberán

tener, también, orificios de ventilación en los puntos altos y de drenaje en puntos intermedios bajos. Los tubos de ventilación y drenaje deberán ser de un diámetro mínimo de doce milímetros y medio (12.5 mm) o tubos plásticos apropiados. Las conexiones a ductos se deberán hacer con sujetadores metálicos o plásticos. Las ventilaciones y drenajes deberán ser a prueba de mortero y se deberán proveer medios para inyección a través de las ventilaciones y para sellado que evite fugas de lechada.

641.2.3.5 Inhibidor de corrosión

Será del tipo VPI según la especificación MIL-P-3420. Cuando sea aprobado por el Interventor, se puede utilizar aceite soluble en agua.

641.2.3.6 Lechada

Los materiales para la lechada de inyección deberán cumplir los requisitos indicados en el numeral 631.2 del Artículo 631.

641.3 EQUIPO

Los gatos hidráulicos usados para tensionar el acero deberán ser capaces de proveer y sostener las fuerzas necesarias y deberán estar equipados con manómetros de presión o celdas de carga, para determinar el esfuerzo de gateo. El sistema deberá permitir medir independientemente la elongación del cable. El manómetro deberá tener una escala apropiada, y deberá estar debidamente calibrado, hecho del cual el Constructor deberá entregar al Interventor la certificación correspondiente. Las celdas de carga deberán tener un indicador que permita establecer la fuerza de tensionamiento. El rango de lectura será tal, que no se utilice el diez por ciento (10 %) inferior de la capacidad certificada por el fabricante, para determinar la fuerza de gateo. Los manómetros y celdas de carga deberán recalibrarse con frecuencia. Sólo se podrán usar llama de oxígeno o elementos mecánicos de corte para cortar cables después de la instalación del elemento o después del preesfuerzo. No se deberán usar soldadores de arco eléctrico.

El equipo para la preparación e inyección de la lechada se describe en el numeral 631.3 del Artículo 631.

641.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

641.4.1 Planos de trabajo

Cuando los planos no incluyan detalles completos del sistema de preesfuerzo y su método de instalación, o cuando los detalles completos mostrados en los planos puedan ser objeto de modificación por parte del Constructor, éste deberá preparar y remitir para aprobación del Interventor, información completa sobre los sistemas que se propone utilizar. Los planos de trabajo deberán mostrar detalles completos y memorias de cálculo justificativas, descripción de materiales y equipos, e incluir posibles modificaciones a la disposición del acero de refuerzo o a las dimensiones del concreto mostradas en los planos. Estos detalles deberán mostrar la secuencia de preesfuerzo, especificaciones del acero, de los anclajes, esfuerzos de trabajo, esfuerzos en el anclaje, elongación de los tendones, tipos de ductos y cualquier otro dato pertinente, incluyendo la distribución del acero de preesfuerzo en el miembro. Los planos de trabajo deberán ser enviados al Interventor con la suficiente anticipación para permitir su revisión, ajuste y aprobación, sin que se afecte el programa de trabajo.

641.4.2 Pruebas del acero de preesfuerzo y anclaje

El Interventor podrá ordenar las pruebas que considere necesarias sobre muestras tomadas de los lotes suministrados por el Constructor, las cuales deberán ser proporcionadas por éste, sin costo para el Instituto Nacional de Vías.

Para acero de pretensado se deberá suministrar una muestra de dos metros (2 m) de largo, como mínimo, por cada lote de veinte toneladas (20 t) de acero, debiendo cortarse las muestras de los extremos de los rollos.

Para las pruebas requeridas en el acero de postensado, se proporcionarán las siguientes longitudes:

- Un metro y medio (1.50 m) para alambres que requieran cabezas.
- Para alambres que no requieran cabezas, una longitud suficiente para hacer un cable de tendido paralelo de un metro y medio (1.50 m) de largo, consistente del mismo número de alambres con que el cable va a ser habilitado en obra.

- Para torones con accesorios de anclaje, un metro y medio (1.50 m) entre los extremos más cercanos de los accesorios.
- Para barras con extremos roscados y tuercas, un metro y medio (1.50 m) entre los extremos más cercanos de las roscas.

Si las pruebas a ser efectuadas así lo requieren, se deberán proporcionar dos (2) anclajes adicionales completos, incluyendo placas de repartición y demás aditamentos propios del sistema.

641.4.3 Protección, transporte y almacenamiento

El Constructor deberá proteger tanto el acero de preesfuerzo como los anclajes, ductos y otros accesorios a ser utilizados, cuidando la limpieza de los mismos y tomando las medidas necesarias para preservarlos de la corrosión, con el fin de garantizar que, en todo momento, se mantenga su calidad.

Durante el transporte, tanto el acero de preesfuerzo como los demás elementos de acero se deberán envolver en papel impermeable u otro material que los proteja de la humedad.

Los alambres y cables no deberán ser enrollados en diámetros pequeños, para evitar la formación de microfisuras superficiales que propician la corrosión a bajo esfuerzo.

Los ductos se deberán manejar con cuidado durante su carga, transporte y descarga, para evitar lastimaduras y dobleces que los puedan perjudicar posteriormente.

El almacenamiento de estos materiales se deberá efectuar en locales cerrados y secos, evitando su proximidad a refinerías y plantas industriales. Los rollos deberán ser apilados según los diferentes lotes de fabricación e identificados adecuadamente. El apilamiento se hará sobre tarimas que queden separadas del suelo por lo menos treinta centímetros (30 cm).

Para almacenamiento por períodos no superiores a tres (3) meses, se permitirá recubrir el material con un toldo, además de protegerlo con el inhibidor de corrosión.

641.4.4 Dirección y asesoría de los trabajos

El Constructor deberá proporcionar un técnico calificado en el uso del sistema de preesfuerzo a ser utilizado, quien deberá dirigir la correcta ejecución de todas las operaciones requeridas.

641.4.5 Aprobación del sistema por usar

Para cualquier sistema que utilice el principio de preesfuerzo, el Constructor deberá demostrar y garantizar plenamente su eficacia, seguridad y funcionalidad, puestas de manifiesto en obras similares ejecutadas con anterioridad.

641.4.6 Colocación de los ductos

Los ductos se deberán soportar rígidamente en intervalos adecuados dentro de las formaletas mediante amarres al acero de refuerzo, que eviten el desplazamiento durante la colocación del concreto. De ser necesario, se deberán usar barras suplementarias. Las juntas entre secciones de ductos deberán acoplarse con conexiones efectivas que no resulten en cambios de ángulo en las juntas y que prevengan la entrada de pasta de cemento del concreto. Después de colocar los ductos, y el refuerzo y la formaleta se encuentren en su sitio, se deberá realizar una inspección para detectar posibles daños a los ductos. Todos los orificios no intencionales en los ductos deberán ser reparados antes de la colocación del concreto. Las aberturas para inyección y ventilación deberán ser ancladas seguramente al ducto y a la formaleta o al acero de refuerzo, para evitar su desplazamiento en las operaciones de vaciado. Después de instaladas las formaletas, los extremos de ductos deberán ser cubiertos, para prevenir la entrada de agua o lechada.

Todos los ductos de estructuras continuas deberán ser ventilados en los puntos más altos del perfil, excepto cuando la curvatura es pequeña, como en placas continuas, y en los sitios adicionales indicados en los planos. Donde se anticipe congelamiento antes de la inyección, se deberán instalar drenajes en los puntos más bajos, para prevenir la acumulación de agua. Estos drenajes deberán permanecer abiertos hasta la iniciación de los trabajos de inyección. Los extremos de ventilaciones y drenajes se deberán remover hasta veinticinco milímetros (25 mm) por debajo de la superficie del concreto después de terminar la inyección, y los orificios llenados con mortero.

641.4.7 Colocación del acero de preesfuerzo**641.4.7.1 Colocación para pretensionamiento**

El acero de preesfuerzo se deberá instalar precisamente dentro de las formaleas y mantener en su sitio mediante los gatos o anclajes temporales u otros accesorios especiales. Los accesorios que se usen en los cambios de pendiente de la trayectoria deberán ser de baja fricción, debidamente aprobados. El acero de preesfuerzo no se deberá retirar de su cubierta protectora mientras no se vaya a colocar el concreto, debiéndose tomar todas las medidas necesarias para evitar la corrosión. Todo el acero de preesfuerzo preensamblado en ductos e instalado antes de la colocación del concreto, deberá ser asegurado y mantenido en su sitio adecuadamente.

641.4.7.2 Colocación para postensionamiento

Cuando el acero se instale con posterioridad a la colocación del concreto, el Constructor deberá demostrar a satisfacción del Interventor que los ductos se encuentran libres de agua o lechada antes de la instalación del acero. El número total de cables en un tendón individual podrá ser colocado en un solo tiempo, o los cables individuales podrán ser colocados uno a uno. Los accesorios de anclaje deberán ser colocados en su sitio, de modo que su eje coincida con el eje del tendón y las platinas de anclaje sean normales en todas direcciones al tendón.

El acero de preesfuerzo se deberá distribuir de modo que la fuerza en cada elemento corresponda a las indicaciones de los planos. Para vigas cajón con más de dos nervios, si los documentos del proyecto así lo permiten, la fuerza de preesfuerzo puede variar hasta un cinco por ciento (5 %) respecto de la fuerza teórica requerida por nervio, siempre que la fuerza total requerida se obtenga, y que ésta se distribuya simétricamente en la sección.

641.4.7.3 Protección del acero después de la instalación

El acero de preesfuerzo instalado en elementos antes del vaciado y curado del concreto, o instalado en el ducto pero no inyectado dentro de los límites de tiempo dados a continuación, deberá ser protegido contra oxidación mediante un compuesto inhibidor colocado en el ducto o directamente sobre el acero. El acero de preesfuerzo colocado con posterioridad al vaciado y curado del concreto e inyectado dentro de los límites de tiempo siguientes, no requiere el uso de inhibidores de corrosión.

- Atmósfera húmeda o a nivel del mar (humedad relativa mayor del 70 %), no deben pasar más de 7 días.
- Atmósfera moderada (humedad relativa entre el 40 % y 70%), no deben pasar más de 15 días.
- Atmósfera seca (humedad relativa menor del 40 %), no deben pasar más de 20 días.

Una vez que los tendones se hayan colocado en los ductos, las aberturas en los extremos deberán ser selladas para prevenir la entrada de humedad. Cuando se use curado con vapor, el acero de preesfuerzo no se deberá instalar hasta tanto no se haya terminado el curado. Cuando se realice soldadura eléctrica en cercanías de miembros que tengan acero de preesfuerzo, la conexión a tierra se deberá sujetar directamente al acero que se esté soldando. Todos los elementos se deberán proteger de la caída de chispas o escoria de soldadura.

641.4.8 Tensionamiento**641.4.8.1 Generalidades**

El acero de preesfuerzo deberá ser tensionado mediante gatos hidráulicos para producir las fuerzas mostradas en los planos, con los debidos márgenes para pérdidas. Las pérdidas deberán corresponder adecuadamente con los análisis. Para el caso de postensionamiento, se deberá, además, incluir la

pérdida por corrimiento del anclaje, dependiendo del sistema utilizado.

Durante el tensionamiento de cables, las fallas individuales de alambres podrán ser aceptadas por el Interventor, siempre y cuando no más de un alambre en el cable se rompa, y el área de los alambres rotos no exceda el dos por ciento (2 %) del área total del acero de preesfuerzo en el miembro. En tal caso, la fuerza total de tensionamiento necesaria se deberá alcanzar aumentando la tensión de los alambres restantes, siempre que para ello no sea preciso elevar la tensión de cada alambre individual en más de dos por ciento (2 %) del valor inicialmente previsto. La aplicación de tensiones superiores requiere un nuevo estudio, el cual se deberá efectuar con base en las características mecánicas de los materiales realmente utilizados; este nuevo estudio deberá ser adelantado por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, y deberá contar con la aprobación del Interventor.

El método de tensionamiento empleado debe ser uno de los siguientes, según haya sido aprobado:

641.4.8.1.1 Pretensado

El cable o tendón se esfuerza antes de ser embebido en el concreto. Una vez el concreto ha alcanzado su resistencia, se libera el acero de los anclajes externos y la fuerza se transfiere, por adherencia, al concreto.

641.4.8.1.2 Postensado

Los cables o tendones se instalan en ductos dentro del concreto y son tensados y anclados después de que el concreto ha adquirido la resistencia de diseño. Como operación final, los ductos son inyectados con lechada a presión.

641.4.8.1.3 Método combinado

Parte del refuerzo se pretensiona y parte se postensiona. Para este método se aplican todas las condiciones particulares de cada uno de los métodos anteriores.

641.4.8.2 Resistencia del concreto

Las fuerzas de preesfuerzo no deberán ser aplicadas o transferidas al concreto hasta tanto éste no haya alcanzado la resistencia especificada para el tensionamiento inicial. Además, el concreto fundido en sitio, diferente al de puentes segmentados, no deberá ser postensionado hasta que hayan pasado al menos diez (10) días de la colocación.

641.4.8.3 Secuencia de tensionamiento

Cuando la secuencia de tensionamiento de tendones individuales no haya sido especificada, el tensionamiento de elementos postensados y la liberación de elementos pretensados deberán ser realizadas en una secuencia que produzca el mínimo de fuerzas excéntricas en el miembro.

641.4.8.4 Medida de esfuerzos

El Constructor deberá llevar un reporte de las presiones y elongaciones de cada tendón, para revisión y aprobación del Interventor. Las elongaciones deberán ser medidas con una precisión de un milímetro (1.0 mm). Los sobrantes de cable de elementos postensados no deberán ser cortados hasta tanto no se hayan aprobado los reportes de tensionamiento.

Los esfuerzos en los tendones durante el tensionamiento deberán ser determinados mediante las lecturas de manómetros o celdas de carga y deberán ser verificados con las elongaciones medidas. Los cálculos de elongaciones esperadas se deberán realizar con base en el módulo de elasticidad suministrado por el fabricante y tomando como base el área nominal, o usando propiedades medidas mediante ensayos sobre el acero utilizado en la obra.

Todos los tendones deben ser tensados preliminarmente hasta la fuerza necesaria para eliminar cualquier falla en el sistema de tensionamiento que pueda afectar la lectura de deformaciones. Esta fuerza preliminar puede variar entre el cinco y el veinticinco por ciento (5 % - 25 %) de la fuerza final de gateo. La fuerza inicial deberá ser medida con un dinamómetro o por otro método aprobado, de modo que su magnitud pueda ser usada como verificación de las elongaciones. Cada cable deberá ser marcado antes del esfuerzo final, para permitir medidas de deformación y asegurar que las cuñas se acomodan correctamente.

Cuando existan discrepancias entre las medidas tomadas con manómetros y las deformaciones leídas, se deberá usar una carga que, leída en el manómetro, produzca ligeros sobreesfuerzos antes que esfuerzos más bajos de lo previsto. Si esta discrepancia es mayor del cinco por ciento (5 %) en tendones con longitudes superiores a quince metros (15 m) y del siete por ciento (7 %) en tendones de menor longitud, toda la operación se debe revisar cuidadosamente para encontrar la fuente de error y corregirla antes de continuar con el tensionamiento.

641.4.8.5 Requisitos del método de pretensionamiento

El preesfuerzo se puede obtener mediante tensionamiento de cables individuales, o grupos de ellos. La cantidad de preesfuerzo que se debe dar a cada cable será la indicada en los planos o aprobada por el Interventor. Todo cable que se deba esforzar en grupo, se deberá llevar a una tensión inicial antes del tensionamiento definitivo. El rango de esta fuerza de tensionamiento será el mismo indicado para cables postensados, y su magnitud dependerá de la pista de tensionamiento y del número de cables en el grupo.

Los tendones colgados pretensados deberán ser tensionados parcialmente por gateo en los extremos de la pista y por levantamiento o descenso de los cables, o ser tensados en su totalidad por gateo, sosteniendo los cables mediante rodillos, pasadores u otros medios aprobados. Se deberán usar accesorios de baja fricción aprobados, en los cambios de pendiente.

Si la carga en un tendón, determinada mediante las medidas de elongación, es inferior a la indicada en los manómetros del gato, en más de cinco por ciento (5 %), el cable deberá ser tensionado desde ambos extremos de la pista, y las cargas calculadas con base en la suma de las dos (2) elongaciones en los extremos, deberán corresponder dentro del cinco por ciento (5 %) especificado.

Cuando el Interventor así lo solicite, los cables de pretensionamiento se deberán verificar para pérdidas de preesfuerzo, no más de tres (3) horas antes de colocar el concreto. El método y los equipos de medición estarán sujetos a aprobación del Interventor. Todo cable que indique pérdidas superiores al tres por ciento (3 %) deberá ser tensionado hasta alcanzar la fuerza original de gateo.

Los esfuerzos en todos los cables se deben mantener mediante anclajes, hasta que el concreto alcance la resistencia especificada al momento de la transferencia. Cuando se tensionen miembros a temperaturas de más de catorce grados Celsius (14° C) por debajo de la temperatura del concreto en el fraguado inicial, la elongación calculada de acero de preesfuerzo deberá ser incrementada para compensar la pérdida de esfuerzo ocasionada por el cambio de temperatura, pero en ningún caso el esfuerzo en el gateo deberá exceder el ochenta por ciento (80 %) de la resistencia última a tensión especificada para el acero.

Los métodos de traslapo de cables deberán ser aprobados por el Interventor; el método de traslapo deberá ser capaz de desarrollar la resistencia última de los cables. Sólo se permitirá el traslapo de un cable en cuando el tensionamiento se realice por cables individuales; si el tensionamiento se hace simultáneamente en varios cables, solo se permitirá el traslapo de un diez por ciento (10%) de ellos, como máximo. Los cables traslapados deberán ser de características similares y con el mismo giro. Todos los traslapos deberán quedar por fuera de los elementos que se preesfuercen.

Todas las formaleas o accesorios que impidan las deformaciones de los elementos deberán ser retiradas antes de liberar el acero.

A menos que se indique algo diferente en los planos, todos los cables de elementos pretensados deberán ser cortados a ras con el extremo del miembro, y los extremos expuestos, así como una franja de veinticinco milímetros (25 mm) del concreto alrededor del cable, deberán ser limpiados y pintados. La limpieza se hará mediante cepillo, para remover materiales que no estén firmemente adheridos. Las superficies se cubrirán con una capa gruesa de pintura rica en zinc.

641.4.8.6 Métodos para postensionamiento

Antes de postensar cualquier elemento, el Constructor deberá demostrar, a satisfacción del Interventor, que el acero de preesfuerzo esté libre y no adherido al ducto que lo contiene. A menos que el Interventor apruebe lo contrario, todos los cables de cada tendón, excepto aquellos que estén en ductos planos con no más de cuatro (4) cables, deberán ser tensados simultáneamente con un gato múltiple. A menos que se apruebe algo diferente, los tendones en miembros continuos postensados deberán ser gateados en cada extremo del tendón. Para tendones rectos, y cuando se permita tensionamiento en un solo extremo, el tensionamiento se podrá realizar en uno (1) o ambos extremos, a juicio del Constructor.

641.4.9 Inyección

Cuando se use el método de postensionamiento, el acero de preesfuerzo se deberá proteger permanentemente adhiriéndolo al concreto, llenando los vacíos de los ductos con lechada. El trabajo se realizará conforme se describe en el Artículo 631, "Lechada para ductos de concreto preesforzado".

641.4.10 Protección permanente de los anclajes

Siendo los anclajes mecanismos altamente esforzados, requieren una protección completa contra la corrosión y contra el fuego, motivo por el

cual deberán ser recubiertos por algún medio que resulte satisfactorio para el Interventor.

641.4.11 Medidas de seguridad

El preesfuerzo implica la utilización de fuerzas muy grandes, esforzándose el acero y el concreto en un porcentaje alto de su carga última. Además, durante la construcción y el montaje se ponen en juego fuerzas hidrostáticas de vibración, desbalances y fuerzas dinámicas, por lo que se deben tomar las medidas y disposiciones adecuadas para la seguridad del personal y del equipo. Estas medidas deberán incluir una planificación adecuada, el uso de los arriostramientos temporales que se requieran para el manipuleo, transporte y montaje de los elementos estructurales, la instalación de avisos de prevención y la instrucción del personal mediante un programa continuo.

641.4.12 Manejo ambiental

Todas las labores de suministro de acero de preesfuerzo se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

641.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

641.5.1 Controles

Durante el desarrollo de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento del equipo de construcción.
- Comprobar que los materiales empleados cumplan las exigencias de calidad de la presente especificación.
- Vigilar la regularidad del suministro del acero durante el período de ejecución de los trabajos.
- Verificar que los trabajos se realicen de acuerdo con el sistema aprobado, los planos del proyecto y la presente especificación.

- Efectuar las pruebas pertinentes para verificar la calidad del trabajo ejecutado.
- Vigilar la correcta implementación de medidas para garantizar la seguridad del personal y de los equipos durante la ejecución de los trabajos.

El Interventor exigirá al Constructor los certificados de fábrica que incluyan las características físicas y químicas que garanticen la calidad de todos los suministros de los aceros requeridos para la ejecución de los trabajos. Así mismo, evaluará, y aprobará cuando corresponda, el sistema de preesfuerzo propuesto por el Constructor.

El Interventor medirá, para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado de acuerdo con los planos, esta especificación y las instrucciones de Interventor.

641.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

641.5.2.1 Calidad del acero

Los elementos de acero utilizados en los trabajos objeto de la presente especificación, deberán ser ensayados en la fábrica y sus resultados deberán satisfacer los requisitos que indiquen las normas NTC, AASHTO o ASTM relacionadas en el numeral 641.2.

El Constructor deberá suministrar al Interventor una certificación de los resultados de los análisis químicos y pruebas físicas realizados por el fabricante para el lote correspondiente a cada envío de acero a la obra. En caso de que el Constructor no cumpla este requisito, el Interventor ordenará, a expensas de aquél, la ejecución de todos los ensayos que considere necesarios sobre el acero, antes de aceptar su utilización. Si los resultados no son satisfactorios, rechazará todo acero representado por ellos.

641.5.2.2 Calidad de los materiales de los ductos y sus accesorios

El Constructor deberá entregar al Interventor certificaciones de los fabricantes que garanticen que la calidad de los ductos y sus accesorios se ajusta a las exigencias de la presente

especificación. Si el Constructor no las presenta, o en caso de duda, el Interventor ordenará la ejecución de todas las pruebas pertinentes, a expensas de aquél, antes de aceptar la utilización de dichos materiales. Si los resultados de tales pruebas no son satisfactorios, rechazará los materiales representados por ellos.

641.5.2.3 Calidad del inhibidor de corrosión

El Interventor verificará que el producto por utilizar sea apropiado para el trabajo y que, además, no se utilice después de cumplida su fecha de vencimiento.

641.5.2.4 Calidad de la lechada de inyección

Tanto los ingredientes como la lechada elaborada, deberán cumplir las exigencias del numeral 631.5.2 del Artículo 631.

641.5.2.5 Distancias entre armaduras y recubrimientos

La distancia libre entre alambres, barras o cables, medida en los extremos de un elemento, no deberá ser inferior a cuatro (4) diámetros para alambres, ni tres (3) diámetros para torones. En la porción media de la luz, se permite una separación menor y el agrupamiento de torones.

Los ductos para colocar el acero de tensionamiento podrán ser agrupados si el Constructor demuestra que no se dificulta la colocación del concreto. Además, se deberán tomar medidas preventivas para evitar que el acero rompa a través del ducto cuando aquel se tense.

Las armaduras, ductos y anclajes deberán cumplir los recubrimientos mínimos indicados en el Artículo C-7.7 de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR- 10).

641.5.2.6 Tolerancias de colocación

Salvo que los planos o una especificación particular establezcan algo diferente, la posición de los tendones en cualquier sección transversal del elemento podrá variar hasta

un tres por ciento (3 %) de la dimensión de la pieza, paralela al desplazamiento del tendón, siempre que dicho valor no exceda de veinticinco milímetros (25 mm). Si se demuestra que el desplazamiento no afecta al canto útil de la sección ni la colocación del concreto, la tolerancia se podrá aumentar al doble del valor citado.

641.5.2.7 Tolerancias en el tensionamiento

Los alargamientos no podrán diferir de los previstos en el programa de tensionamiento en más de cinco por ciento (5 %) en tendones con longitudes superiores a quince metros (15 m) y de siete por ciento (7 %) en los de menor longitud. Si esta tolerancia se excede, se deberán examinar las posibles causas de variación, tales como errores de lectura, de sección de armaduras, de módulos de elasticidad o de los coeficientes de rozamiento, rotura de algún elemento del tendón, tapones de lechada, etc., y se procederá a un nuevo tensionamiento con una nueva medida de alargamientos.

En caso de rotura de alambres, se procederá como se indica en el numeral 641.4.8.1. La pérdida total en la fuerza de tensionamiento, originada en la rotura de alambres irremplazables, no podrá exceder nunca de dos por ciento (2 %) de la fuerza total prevista.

Todo defecto de calidad o de instalación que exceda las tolerancias de esta especificación, deberá ser corregido por el Constructor, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con procedimientos aceptados por el Interventor y a plena satisfacción de éste.

641.6 MEDIDA

La unidad de medida del acero de preesfuerzo será la tonelada fuerza-metro (tf-m) efectiva, medida en el centro de la luz, o el kilogramo (kg), suministrado y correctamente instalado y tensado, de acuerdo con los planos, esta especificación y las instrucciones del Interventor.

La cantidad de toneladas fuerza-metro efectivas se determinará multiplicando el número de metros lineales de cable, aproximados al centímetro, por el número de toneladas fuerza efectivas en el centro de la luz.

El número de toneladas fuerza efectivas en el centro de la luz se determinará con aproximación al décimo de tonelada fuerza.

Si la medida se realiza por kilogramos (kg), ésta se efectuará con aproximación al kilogramo completo.

En todos los casos, el resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

641.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al precio unitario del contrato para el acero de preesfuerzo, por todo trabajo aceptado a satisfacción por el Interventor. El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de suministro, almacenamiento, transportes y colocación de acero, ductos, anclajes y demás accesorios requeridos para completar satisfactoriamente el trabajo. También, deberá cubrir todos los costos de tensionamiento del acero y los de suministro de materiales para la lechada requerida para llenar los ductos, su almacenamiento, manejo, transportes, cargues, descargues, mezcla, preparación de ductos e inyección; el suministro y la aplicación del inhibidor de corrosión; el suministro y la aplicación de las pinturas necesarias; todo el equipo, mano de obra, asesoría, preparación de planos, patentes, muestras de ensayo, medidas de seguridad, limpieza final de la zona de las obras y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del trabajo especificado.

El precio unitario deberá incluir, también, la administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

641.8 ÍTEM DE PAGO

641.1	Acero de preesfuerzo	Tonelada fuerza-metro (tf-m)
641.2	Acero de preesfuerzo	Kilogramo (kg)

APOYOS Y SELLOS PARA JUNTAS DE PUENTES

ARTÍCULO 642 – 13

642.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro e instalación de almohadillas elastoméricas de apoyo para vigas de puentes, de acuerdo con los detalles indicados en los planos del proyecto y/o autorizados por el Interventor. El suministro e instalación de apoyos de otro tipo deberán ser considerados en las especificaciones particulares.

El trabajo objeto de este Artículo también comprende el suministro e instalación de sistemas elastoméricos para sello de juntas en tableros de puentes, del tipo y dimensiones mostrados en los planos y/o autorizados por el Interventor.

642.2 MATERIALES

642.2.1 Apoyos de material elastomérico

Los apoyos de material elastomérico incluyen almohadillas simples y apoyos reforzados con acero o tela. Todos los materiales utilizados deberán ser nuevos.

Los apoyos deberán ser suministrados con las dimensiones, propiedades de material, grado de elastómero y tipo de laminado requerido por los planos. El método y la carga de diseño también deberán estar indicados en los planos y las pruebas se deberán realizar de conformidad con ellos. A falta de información más específica, los apoyos deberán ser grado 3, de elastómero de dureza Shore 60, y refuerzos de acero. Los requisitos para pruebas de carga a que estarán sometidos, corresponden al diseño del denominado Método A.

642.2.1.1 Elastómero

El elastómero bruto podrá ser neopreno virgen (policloropreno) o caucho natural (poliisopreno). Los compuestos de elastómero se clasifican como grado 0, 1, 2, 3, 4 ó 5, dependiendo de las bajas temperaturas. Los grados están definidos en las Tablas 642 - 1 y 642 - 2 por los

requerimientos de prueba. Un mayor grado de elastómero puede ser sustituido por uno inferior.

Los compuestos deberán cumplir los requisitos mínimos de las tablas recién mencionadas, salvo que el Interventor lo autorice de otra manera. Los requisitos de prueba pueden interpolarse para durezas intermedias. Si el material se especifica de acuerdo al módulo de corte, el módulo de corte medido deberá estar dentro del quince por ciento (15 %) del valor especificado. Además, se deberá suministrar un valor de dureza consistente, con el fin de determinar los límites para las pruebas de las Tablas 642 - 1 y 642 - 2. Si se especifica la dureza, el módulo de corte medido se debe encontrar dentro del rango de la Tabla 642 - 3. Cuando las muestras de prueba se toman del producto terminado, las propiedades físicas pueden variar en un diez por ciento (10 %) de las especificadas en las Tablas 642 - 1 y 642 - 2. Todas las pruebas de material se deben realizar a veintitrés más o menos dos grados centígrados ($23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) a menos que se establezca algo diferente. Las pruebas del módulo de corte se deberán llevar a cabo utilizando el aparato y el procedimiento descritos en el anexo A de la norma ASTM D 4014.

642.2.1.2 Laminados de acero

Los laminados de acero utilizados para refuerzo se deben hacer de acero dulce laminado que cumpla con las normas ASTM A 36, ASTM A 570 o equivalentes.

Los laminados deberán tener un espesor mínimo nominal de calibre 16. No se permiten agujeros en las platinas para fines de fabricación, a menos que se hayan tenido en cuenta en el diseño, como se muestre en los planos.

642.2.1.3 Refuerzo de tela

El refuerzo de tela debe ser tejido 100 % fibra de vidrio de estopa tipo "E" con fibras continuas. El número mínimo de hilos en cada dirección será de diez (10) hiladas por centímetro. La tela deberá ser un tejido pata de gallo o un tejido raso de dureza 8. Cada capa de tela deberá tener una

resistencia de rotura mínima de 140 kN/m en cada dirección de hilada. No se permiten agujeros en la tela.

Tabla 642 – 1. Pruebas de control de calidad del neopreno

PROPIEDADES FÍSICAS				
D 2240	Dureza (Shore A Durometer)	50±5	60±5	70±5
D 412	Resistencia a la tracción, min (psi)	2250	2250	2250
	Elongación, mín (%)	400	350	300
RESISTENCIA AL CALOR				
D 573	Cambio en la dureza del durómetro			
70 horas	Puntos máximos	15	15	15
a 158° F	Cambio en resist. a la tracción, máx (%)	-15	-15	-15
	Cambio en elongación última, máx (%)	-40	-40	-40
DEFORMACION POR COMPRESIÓN				
D 395	22 horas a 212° F, máx (%)			
Método B	100 pphm de ozono por volumen de aire	Sin grietas	Sin grietas	Sin grietas
OZONO	20% deformación 100° F ± 2° F			
D 1149	100 horas procedimiento de montaje D518, Procedimiento A			
FRAGILIDAD A BAJAS TEMPERATURAS				
D 746	Grados 0 al 2: No se requiere prueba			
Proced. B	Grado 3: fragilidad a -40° F	Sin falla	Sin falla	Sin falla
	Grado 4: fragilidad a -55° F	Sin falla	Sin falla	Sin falla
	Grado 5: fragilidad a -70° F	Sin falla	Sin falla	Sin falla
RIGIDEZ TERMICA INSTANTÁNEA				
D 1043	Grados 0 al 2: probada a -25° F	La rigidez a temperatura de prueba no debe exceder de 4 veces la rigidez medida a 73° F		
	Grado 3: probada a -40° F			
	Grado 4: probada a -50° F			
	Grado 5: probada a -65° F			
CRISTALIZACIÓN A BAJAS TEMPERATURAS				
Prueba de corte Quad según se describe en anexo A de la norma ASTM D 4014	Grados 0 al 2: probada a -25° F Grado 2: 7 días a 0° F Grado 3: 14 días a -15° F Grado 4: 21 días a -35° F Grado 5: 28 días a -35° F	La rigidez al tiempo y temperatura de prueba, no puede exceder 4 veces la rigidez medida a 73° F sin demora. La rigidez debe medirse con un equipo para prueba de corte en una unidad de refrigeración encerrada. Las muestras de prueba deben tomarse de un apoyo escogido al azar. Se debe utilizar un ciclo de deformación ±25 % y se debe aplicar un ciclo completo de deformación con un período de 100 segundos. Se descartan los primeros ¾ de ciclo y se debe determinar la rigidez de la pendiente de la curva fuerza deflexión para el siguiente ½ ciclo de carga.		

Tabla 642 – 2. Pruebas de control de calidad del caucho natural

PROPIEDADES FÍSICAS				
D 2240	Dureza (Shore A Durometer)	50±5	60±5	70±5
D 412	Resistencia a la tracción, mín (psi)	2250	2250	2250
	Elongación, mín (%)	400	350	300
RESISTENCIA AL CALOR				
D 573	Cambio en la dureza del durómetro			
70 horas	Puntos máximos	10	10	10
a 158° F	Cambio en resist. a la tracción, máx (%)	-25	-25	-25
	Cambio en elongación última, máx (%)	-20	-20	-20
DEFORMACION POR COMPRESIÓN				
D 395	22 horas a 158°F, máx (%)			
Método B	25 pphm de ozono por volumen de aire	Sin grietas	Sin grietas	Sin grietas
OZONO	20% deformación 100° F ± 2° F			
D 1149	48 horas procedimiento de montaje D518, Procedimiento A			
FRAGILIDAD A BAJAS TEMPERATURAS				
D 746	Grados 0 al 2: No se requiere prueba			
Proced. B	Grado 3: fragilidad a -40° F	Sin falla	Sin falla	Sin falla
	Grado 4: fragilidad a -55° F	Sin falla	Sin falla	Sin falla
	Grado 5: fragilidad a -70° F	Sin falla	Sin falla	Sin falla
RIGIDEZ TERMICA INSTANTÁNEA				
D 1043	Grados 0 al 2: probada a -25° F	La rigidez a temperatura de prueba no debe exceder de 4 veces la rigidez medida a 73° F		
	Grado 3: probada a -40° F			
	Grado 4: probada a -50° F			
	Grado 5: probada a -65° F			
CRISTALIZACIÓN A BAJAS TEMPERATURAS				
Prueba de corte Quad según se describe en anexo A de la norma ASTM D 4014	Grados 0 al 2: probada a -25° F	La rigidez al tiempo y temperatura de prueba, no puede exceder 4 veces la rigidez medida a 73° F sin demora. La rigidez debe medirse con un equipo para prueba de corte en una unidad de refrigeración encerrada. Las muestras de prueba deben tomarse de un apoyo escogido al azar. Se debe utilizar un ciclo de deformación ±25 % y se debe aplicar un ciclo completo de deformación con un período de 100 segundos. Se descartan los primeros ¾ de ciclo y se debe determinar la rigidez de la pendiente de la curva fuerza deflexión para el siguiente ½ ciclo de carga.		
	Grado 2: 7días a 0° F			
	Grado 3: 14 días a -15° F			
	Grado 4: 21 días a -35° F			

Tabla 642 – 3. Propiedades del elastómero para diferentes durezas

CARACTERÍSTICA	DUREZA SHORE		
	50	60	70
Módulo cortante a 23° C (kg/cm ²)	6.65 - 9.10	9.10 - 14	14 - 21
Deformación por flujo plástico en 25 años dividida por deformación instantánea (%)	25 %	35 %	45 %
k (Constante dependiente de la dureza del elastómero)	0.75	0.60	0.55

642.2.1.4 Adherencia

La unión vulcanizada entre la tela y el refuerzo deberá tener una resistencia mínima al desprendimiento de 5.2 kN/m.

Los apoyos laminados de acero deberán desarrollar una resistencia mínima al desprendimiento de 6.9 kN/m. Las pruebas de desprendimiento se deberán ejecutar de acuerdo con la norma ASTM D 429, Método B.

642.2.1.5 Marca y certificación

El fabricante deberá certificar que cada apoyo satisface los requisitos de los planos y las especificaciones, y suministrar una copia certificada de los resultados de la prueba del material. Cada apoyo reforzado deberá ser marcado con tinta indeleble o pintura adaptable. La marca deberá incluir la orientación, número de orden, número de lote, número de identificación del apoyo, lo mismo que el tipo y el grado del elastómero. La marca se deberá colocar en el lado que quede visible luego del montaje, a menos que se especifique algo diferente en los documentos contractuales.

642.2.2 Materiales para sello de juntas**642.2.2.1 Sellos de compresión**

Los sellos serán preformados y manufacturados a partir de un compuesto elastomérico vulcanizado usando cloropreno

como único polímero base. El tamaño, la forma y las tolerancias en las dimensiones de los sellos se deberán indicar en los planos del proyecto o en las especificaciones particulares.

El material se deberá ajustar a los requisitos establecidos en la especificación AASHTO M 220.

Los sellos deberán ser continuos, sin juntas en todo el ancho de la calzada.

642.2.2.2 Marca de identificación

Los sellos deberán estar identificados con la marca de fábrica y la fecha de producción, a intervalos no mayores de un metro con veinte centímetros (1.20 m). En la superficie superior de los sellos, se colocará una marca cada treinta centímetros (0.30 m), suficientemente clara y durable para facilitar las medidas de longitud luego de la instalación.

642.2.2.3 Lubricante - adhesivo

El lubricante-adhesivo utilizado con los sellos elastoméricos preformados deberá ser un compuesto del mismo polímero base de los sellos, combinado con solventes volátiles adecuados. Deberá tener una consistencia apropiada a la temperatura de instalación de los sellos, ser compatible con éstos y con el concreto y relativamente inmune a la humedad normal del concreto. El lubricante-adhesivo deberá cumplir con la especificación ASTM D 4070.

642.3 EQUIPO

El Constructor deberá disponer de los equipos y herramientas necesarias para transportar los apoyos y sellos al sitio de las obras y para instalarlos de manera apropiada.

642.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

642.4.1 Apoyos

642.4.1.1 Planos de trabajo

Cuando los planos no muestren detalles completos de los apoyos y sus anclajes, el Constructor deberá preparar y someter para aprobación, planos de trabajo que muestren todos los detalles de los apoyos y los materiales que se propone utilizar; dichos planos deberán contar con la aprobación del Interventor antes de empezar la fabricación de los apoyos. Tal aprobación no exonera al Constructor de cualquier responsabilidad contractual por la exitosa terminación del trabajo.

642.4.1.2 Fabricación

Los apoyos con laminados de acero se deben fundir en moldes como una sola unidad, unir y vulcanizar bajo calor y presión. El acabado de los moldes se debe hacer de acuerdo con la práctica estándar de los talleres. Los laminados internos de acero se deberán limpiar mediante chorros de arena y antes de la fusión deben estar completamente limpios de herrumbre, escamas de laminación, mugre y libres de rebabas y bordes agudos. Las platinas de carga externas (platinas de asiento) deberán estar protegidas contra la corrosión por parte del fabricante y unirse preferiblemente en caliente a los apoyos durante la vulcanización. Los apoyos diseñados para actuar como una sola unidad con un factor de forma dado, se deberán fabricar como una sola unidad.

Los apoyos de tela reforzados se pueden vulcanizar en grandes láminas y cortar al tamaño deseado. El corte se deberá realizar de forma que se evite el calentamiento de los materiales y se produzca un acabado liso sin separaciones entre el elastómero y la tela. El refuerzo de tela se hará en pliegues sencillos en la parte superior e inferior de los apoyos y en pliegues dobles en las capas interiores. La tela deberá estar libre de dobleces y rizos y estar paralela entre las superficies superior e inferior.

Las almohadillas simples se pueden moldear o troquelar y vulcanizar en grandes láminas y cortar al tamaño deseado. El corte no debe calentar los materiales y debe producir un acabado liso.

La tolerancia de laminado, acabado y apariencia deberá cumplir los requisitos de la más reciente edición del Manual de Caucho publicado por la Rubber Manufacturers Association, Inc., de acuerdo a las normas RMAF3 y T.063 para apoyos moldeados y RMAF2 para apoyos troquelados.

Los ensambles de los apoyos antes de su envío a la obra deberán haber sido preensamblados en el taller por el fabricante y verificados con respecto a la geometría y la terminación correcta.

A menos que se especifique otra cosa, con excepción del acero inoxidable, los componentes de los apoyos, incluyendo los pernos de anclaje, se deben galvanizar.

642.4.1.3 Empaque, manejo y almacenamiento

Con anterioridad al despacho de la fábrica, los apoyos se deben empaquetar en forma adecuada, para garantizar que estén protegidos contra daños de manejo, del medio ambiente y cualquier otro factor de riesgo durante el envío y el almacenamiento. Cada apoyo completo deberá tener sus componentes identificados claramente, estar atornillados firmemente, atados o asegurados para evitar cualquier movimiento relativo, y marcados en la parte superior respecto a la posición y orientación en cada estructura del proyecto, de conformidad con los planos.

Todos los apoyos y sus partes componentes se deben almacenar en el sitio de la obra y en un área protegida contra daños físicos y ambientales. Una vez instalados, los apoyos deberán estar limpios y libres de sustancias extrañas.

642.4.1.4 Instalación

Los apoyos se deberán colocar sobre superficies que estén planas con precisión al milímetro, salvo que los apoyos se

coloquen en pares opuestos, horizontales hasta dentro de 0.01 radianes. Cualquier falta de paralelismo entre la parte superior del apoyo y la parte inferior de la viga que exceda de 0.01 radianes deberá ser corregida mediante lechada de cemento o siguiendo las instrucciones del Interventor.

No se deberán soldar las placas exteriores de los apoyos a menos que entre la soldadura y el elastómero existan treinta y ocho milímetros (38 mm) de acero, como mínimo. El ningún caso el elastómero o la unión deberán estar sometidos a temperaturas mayores de doscientos cuatro grados Celsius (204° C).

642.4.2 Sellos para juntas

642.4.2.1 Planos de trabajo

El Constructor deberá presentar al Interventor planos de trabajo que ilustren el procedimiento de instalación y el ensamble de unión para tableros de puentes. Además, se deberán remitir, para aprobación del Interventor, planos de taller para juntas que tengan un movimiento total superior a cuatro centímetros (4 cm).

Los planos de trabajo deberán traer aprobación del Interventor con anterioridad a la ejecución de los trabajos, y tal aprobación no exonera al Constructor de cualquier responsabilidad contractual para la terminación satisfactoria de la obra.

642.4.2.2 Instalación

Todos los materiales y ensambles para juntas deberán ser protegidos contra posibles daños; los ensambles deberán estar soportados para mantener su forma y alineamiento. Los sellos para juntas se deberán construir e instalar para proporcionar suavidad al paso de vehículos. Después de la instalación, las juntas se deberán cubrir con un material protector hasta la limpieza final de la cubierta del puente.

Al tiempo de la instalación, la junta deberá estar completamente limpia y seca y libre de astillas de piedra e

irregularidades que puedan perjudicar un sello correcto de la junta. Las superficies metálicas o de concreto deberán estar limpias, libres de óxido, lechada, aceite, grasa, mugre, polvo u otros materiales nocivos.

Los sellos elastoméricos preformados de compresión para juntas se deberán instalar por métodos manuales adecuados o herramientas mecánicas sin causar daño al sello. El lubricante-adhesivo se deberá aplicar a ambas caras de la junta con anterioridad a la instalación y en concordancia con las instrucciones del fabricante. El sello elastomérico preformado se deberá comprimir al espesor especificado en los planos o aprobado por el Interventor para la abertura estimada y la temperatura ambiente al tiempo de la instalación. No se permitirán puntos abiertos o ajustes flojos entre el sello y la cubierta.

642.4.2.3 Ensamblados de sellos para juntas

Los ensambles de sellos para juntas de expansión se deberán construir para proporcionar absoluta libertad de movimiento a través de un rango consistente con aquel prescrito por el Interventor o como se muestra en los planos de diseño. La instalación se deberá hacer de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Los ajustes finales del ensamble de sellos para juntas de cubierta al tiempo de la fundición en los anclajes de la unidad, dependen de la relación de la temperatura corriente de la superestructura a su temperatura media esperada, y deberán estar de acuerdo con las especificaciones del fabricante, o como se muestre en los planos.

Luego de la instalación, y con anterioridad a la aceptación final, los sellos para juntas se deben probar en presencia del Interventor para detectar filtraciones de agua a través de la junta. Cualquier goteo en el sello de la junta es causa de rechazo.

642.4.3 Manejo ambiental

Todas las labores de suministro e instalación de apoyos y sellos para juntas de puentes se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los

estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y de las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales.

642.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

642.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento del equipo de construcción.
- Comprobar que la calidad de los materiales satisface las exigencias de esta especificación.
- Verificar que los trabajos se realicen de acuerdo con el sistema aprobado, los planos del proyecto y la presente especificación.
- Comprobar la calidad del trabajo ejecutado.
- Medir, para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado de acuerdo con los planos, esta especificación y las instrucciones de Interventor.

El Interventor exigirá al Constructor las certificaciones de fábrica que respalden la calidad de los materiales utilizados.

642.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

642.5.2.1 Calidad de los materiales para los apoyos elastoméricos de los apoyos terminados

642.5.2.1.1 Generalidades

La calidad se verificará de acuerdo con las pruebas mencionadas en las Tablas 642 - 1, 642 - 2 y 642 - 3.

642.5.2.1.2 Pruebas de temperatura ambiente

El elastómero utilizado deberá satisfacer los límites prescritos en la Tabla pertinente 642 - 1 o 642 - 2 en

cuanto a dureza de durómetro, resistencia a la tracción, elongación última, resistencia al calor, deformación por compresión y resistencia de ozono. La adherencia al refuerzo, si la hay, debe también satisfacer el numeral 642.2.1.4. El módulo de corte del material se debe probar a veintitrés grados Celsius (23° C) utilizando el aparato y procedimientos contemplados en el anexo A de la norma ASTM D 4014. Este se deberá encontrar dentro del quince por ciento (15 %) del valor especificado, o dentro del rango de su dureza dado en la Tabla 642 - 3, si no se ha especificado el módulo de corte.

Las pruebas de temperatura ambiente se deberán hacer para los materiales utilizados en cada lote de apoyos. En lugar de realizar una prueba del módulo de corte para cada colada de material, el fabricante puede elegir suministrar certificados de las pruebas realizadas sobre procesos idénticos en el año anterior, a menos que el Interventor autorice otra cosa. Los certificados de prueba del fabricante deben proveerse para cada lote de refuerzo.

642.5.2.1.3 Pruebas a bajas temperaturas

Los elastómeros de grados 3, 4 y 5 están sujetos a pruebas de fragilidad a bajas temperaturas (ASTM D 746), a pruebas de rigidez instantánea a bajas temperaturas (ASTM D 1043), y a pruebas de cristalización a bajas temperaturas (ASTM D 4014). Los elastómeros de grados 0 al 2 están sujetos a pruebas de rigidez instantánea a bajas temperaturas (ASTM D 1043). Las pruebas se deberán ejecutar de acuerdo con los requisitos de las Tablas 642 - 1 y 642 - 2 y el compuesto deberá satisfacer todos los límites de su grado.

Estos tres (3) tipos de pruebas a baja temperatura en el elastómero se deberán realizar en el material utilizado en cada lote de apoyos para el material de grados 3, 4 y 5, y la prueba de rigidez térmica

instantánea se deberá conducir en material de grado 0 al 2. Para el material de grado 3, en lugar de la prueba de cristalización a baja temperatura, el fabricante puede escoger suministrar certificados de pruebas de cristalización a baja temperatura realizadas en material idéntico en el último año, a menos que el Interventor ordene lo contrario. Los materiales de grados 0 al 2 no requieren pruebas de cristalización y fragilidad a bajas temperaturas, salvo que el Interventor lo solicite especialmente.

642.5.2.1.4 Inspección visual de los apoyos terminados

Cada apoyo terminado se deberá inspeccionar para verificar si está de acuerdo con las tolerancias dimensionales y con la calidad total de fabricación. En los apoyos reforzados de acero, los bordes del acero deberán ser protegidos en todas partes contra la corrosión.

642.5.2.1.5 Pruebas de compresión de corta duración

Los apoyos deberán ser sometidos a cargas de compresión hasta una y media (1.5) veces la carga máxima de diseño. La carga se deberá sostener constante durante cinco (5) minutos, retirar y aplicar de nuevo por otros cinco (5) minutos. El apoyo se deberá examinar visualmente cuanto está sometido a la segunda carga y si se observa un paralelismo de laminado por la forma de pandeo evidente, el espesor de una capa está por fuera de las tolerancias especificadas o la unión del laminado es deficiente, el apoyo deberá ser rechazado. También es causa de rechazo la existencia de tres (3) o más grietas separadas de superficie con un ancho mayor de dos milímetros (2 mm) y dos milímetros (2 mm) de profundidad.

642.5.2.1.6 Pruebas de compresión de larga duración

El apoyo se deberá someter a cargas de compresión hasta una y media (1.5) veces su carga máxima de

diseño durante un período de quince (15) horas. Si durante la prueba, la carga cae por debajo de una y tres décimas (1.3) veces la carga máxima de diseño, la duración de la prueba deberá ser incrementada por un período de tiempo en que la carga esté por debajo de este límite. El apoyo se deberá examinar visualmente al final de la prueba mientras está bajo carga y si se evidencia un paralelismo de laminado a causa de la forma de pandeo, el espesor de una capa está por fuera de las tolerancias dimensionales o la unión del laminado es deficiente, el apoyo será rechazado. También será causa de rechazo la existencia de tres (3) o más grietas aisladas de superficie con un ancho mayor de dos milímetros (2 mm) y dos milímetros (2 mm) de profundidad.

La muestra para este ensayo deberá estar constituida, por lo menos, por un apoyo escogido al azar de cada tamaño y colada de material y deberá incluir el diez por ciento (10 %) del lote, como mínimo. Si falla un apoyo de la muestra, se deberán rechazar todos los apoyos de aquel lote, a menos que el fabricante elija probar cada apoyo del lote por su cuenta, bajo la supervisión del Interventor.

A cambio de este procedimiento, el Interventor puede exigir que se pruebe cada apoyo del lote.

642.5.2.1.7 Pruebas del módulo de corte

El módulo de corte del material de los apoyos terminados se evalúa mediante el ensayo de una muestra cortada del material utilizando el aparato y el procedimiento descritos en el anexo A de la norma ASTM D 4014, o, a discreción del Interventor, se puede realizar una prueba no destructiva de rigidez comparable en un par de apoyos terminados. El módulo de corte deberá quedar dentro del quince por ciento (15 %) del valor especificado o dentro del rango de su dureza dada en la Tabla 642 - 3, si no se especifica el módulo de corte. Si la prueba se realiza en apoyos terminados, el módulo de corte del

material deberá ser calculado de la rigidez de corte medida en los apoyos, teniendo en cuenta la influencia de la geometría y carga compresiva del apoyo sobre la rigidez de corte.

642.5.2.1.8 Tolerancias de fabricación

Las almohadillas simples y los apoyos laminados se deberán construir según las dimensiones especificadas, dentro de las siguientes tolerancias.

642.5.2.1.8.1 Altura total

Espesor de diseño:

- 32 mm o menos: - 0, +3 mm
- Mayor de 32 mm: -0, +6 mm

642.5.2.1.8.2 Dimensiones horizontales totales

- 0.914 m o menos: -0, +6 mm
- Mayor de 0.914 m: -0, +12 mm

642.5.2.1.8.3 Espesor de las capas individuales de elastómero (Apoyos laminados solamente)

- En cualquier punto dentro de los apoyos:
 $\pm 20\%$ del valor de diseño pero no más de ± 3 mm

642.5.2.1.8.4 Paralelismo con la cara opuesta

- Lados superior e inferior: 0.005 radianes

642.5.2.1.8.5 Posición de los elementos de conexión expuestos

- Agujeros, ranuras o aditamentos: ± 3 mm

642.5.2.1.8.6 Cubierta de borde

- Laminados embebidos o elementos de conexión: -0, +3 mm

642.5.2.1.8.7 Espesor, el que sea menor entre

- Capa de cubierta superior e inferior (Si se requiere): +1.5 mm y +20 % del espesor nominal de la capa de cubierta.

642.5.2.1.8.8 Tamaño

- Agujeros, ranuras o aditamentos: ± 3 mm

642.5.2.2 Calidad de los materiales para el sello de juntas**642.5.2.2.1 Generalidades**

Cada vez que lo exija el Interventor, el Constructor deberá suministrar, sin cargo para el Instituto Nacional de Vías, una muestra de ensayo de un metro con ochenta centímetros (1.80 m) de longitud, por cada novecientos catorce metros (914 m) de sello o fracción, para cada fecha de manufactura; así como quinientos mililitros (500 ml) de cada lote de lubricante-adhesivo.

Los especímenes de prueba serán cortados de las muestras remitidas, de acuerdo con lo establecido en la norma ASTM D 15.

Los especímenes que deben ser ensayados tras envejecimiento acelerado, deberán ser cortados de una porción de la muestra envejecida.

Los especímenes para ensayos de recuperación a baja y alta temperatura tendrán aproximadamente ciento veinticinco milímetros (125 mm) de longitud y serán tomados al azar de la muestra representativa del lote bajo prueba. Los especímenes para prueba a

baja temperatura deberán ser espolvoreados con talco tanto en su superficie interna como en la externa, mientras que los de ensayo a alta temperatura sólo serán espolvoreados levemente en su superficie exterior.

Las muestras para ensayo de cambio de peso en aceite tendrán unos setenta y cinco milímetros (75 mm) de longitud y se tomarán al azar de muestras representativas del lote recibido.

642.5.2.2.2 Ensayos

Las pruebas sobre el material sellante de juntas se efectuarán de acuerdo con los procedimientos mencionados en la especificación AASHTO M 220 y sus resultados deberán cumplir los requisitos exigidos en la Tabla 1 de dicha especificación.

642.5.3 Calidad del producto terminado

El Interventor sólo aceptará los materiales que cumplan con las exigencias de calidad de este Artículo y las especificaciones que lo complementan y que, además, hayan sido instalados correctamente, de acuerdo con los planos, esta especificación y sus instrucciones.

Todo defecto de calidad o de instalación que exceda las tolerancias de este Artículo, deberá ser corregido por el Constructor, a su costa, de acuerdo con procedimientos aceptados por el Interventor, son costo adicional alguno para el Instituto Nacional de Vías, y a plena satisfacción de éste.

642.6 MEDIDA

642.6.1 Apoyos elastoméricos

La unidad de medida será la unidad (u) de apoyo elastomérico de cada tipo y dimensiones, elaborado de acuerdo con los planos y esta especificación e instalado de manera satisfactoria para el Interventor.

642.6.2 Sello para juntas de puentes

La unidad de medida será el metro lineal (m), aproximado al centímetro, de sello de calidad apropiada, adecuadamente instalado y aceptado a satisfacción por el Interventor. La medida se realizará directamente sobre el sello, dentro de los límites de colocación autorizados por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

642.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por todo apoyo o sello elaborado e instalado a satisfacción del Interventor. El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de suministro de materiales, manufactura de los apoyos o sellos, transporte, mano de obra, equipo y desperdicios, así como por la instalación del apoyo o sello, incluyendo los materiales y operaciones necesarias para la preparación de superficies, ensambles, protecciones y, en general, toda actividad que resulte necesaria para terminar correctamente el trabajo especificado de acuerdo con los planos, esta especificación y las instrucciones del Interventor.

El precio unitario deberá incluir, además, los costos de patentes que utilice el Constructor, la elaboración de los planos de trabajo, el suministro de muestras para ensayo y la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante el lapso de ejecución de los trabajos. También, la administración, los imprevistos y la utilidad del Constructor.

642.8 ÍTEM DE PAGO

642.1	Apoyo elastomérico	Unidad (u)
642.2	Sello para juntas de puentes	Metro lineal (m)

ESTRUCTURAS DE ACERO

ARTÍCULO 650 – 13

650.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el diseño, fabricación, transporte, montaje y pintura de estructuras de acero, soldadas y/o pernadas, de acuerdo con los planos, las especificaciones, la norma NSR-10 y las instrucciones del Interventor. Comprende, además, el suministro de todos los materiales requeridos para la fabricación de las estructuras, tales como láminas, perfiles, platinas, pernos, remaches, elementos para soldadura y piezas o metales especiales.

650.2 MATERIALES

650.2.1 Acero

El acero se deberá suministrar de acuerdo con las especificaciones que se indican a continuación. Mientras los documentos del proyecto o las especificaciones particulares no establezcan lo contrario, deberá ser del tipo de acero al carbono.

650.2.1.1 Acero estructural

El acero estructural al carbono deberá cumplir las especificaciones AASHTO M 270 y la Norma NSR-10, artículo F.3.1.4 Acero Estructural, Materiales.

En estas especificaciones se acepta el uso de los materiales que cumplen las siguientes normas:

- NTC 248. Barras corrugadas laminadas en caliente (ASTM A 615).
- NTC 1920. Acero estructural. (ASTM A 36/A 36/M).
- NTC 3470. Tubería de acero soldada o sin costura, negra y recubierta de zinc por inmersión en caliente (ASTM A 53 Grado B).

- NTC 1950. Acero estructural de alta resistencia y de baja aleación (ASTM A 242).
- NTC 1986. Tubería estructural de acero al carbono, formada en frío, soldada o sin costura, de cualquier configuración (ASTM A 500, Grados B o C).
- NTC 2374. Tubería estructural de acero al carbono, formada en caliente, soldada o sin costura (ASTM A 501).
- NTC 3347. Láminas y platinas de acero al carbono laminadas en caliente, de calidad estructural (ASTM A 570 Grados 40, 45 y 50).
- NTC 1985. Acero de alta resistencia, de baja aleación colombio-vanadio de calidad estructural (ASTM A 572).
- NTC 2012. Acero estructural de alta resistencia de baja aleación con punto de fluencia mínimo de 345 MPa, hasta 100 mm de espesor (ASTM A 588).
- NTC 4001. Tubería estructural de alta resistencia y baja aleación, formada en caliente con o sin costura (ASTM A 618).
- NTC 4005. Acero estructural para puentes (ASTM A 709).
- NTC 4007. Especificaciones para el acero al carbono-manganeso de alta resistencia y calidad estructural (ASTM A 529).
- NTC 4009. Láminas y flejes de acero, laminados en frío y en caliente, de alta resistencia y baja aleación, con resistencia mejorada a la corrosión (ASTM A 606).
- NTC 4012. Plancha de acero estructural de baja aleación, templada y revenida con límite de fluencia mínimo de 485 MPa (70ksi) y espesores hasta de 100 mm (4 pulgadas) (ASTM A 852).

- NTC 4014. Planchas de acero aleado, templadas y revenidas, de alta resistencia a la fluencia y aptas para ser soldadas (ASTM A 514).
- NTC 4016. Láminas y flejes de acero de alta resistencia y baja aleación, al columbio o vanadio, o ambos, laminados en caliente y en frío (ASTM A 607).

Se puede considerar como prueba suficiente del cumplimiento de las anteriores normas, el informe certificado que en tal sentido extienda la acería, de acuerdo con sus ensayos, o de los ensayos que realice el fabricante o un laboratorio reconocido, de acuerdo con los requisitos de las normas ASTM A 6 o NTC 7 (ASTM A 568), según sea aplicable. Si se le solicita, el fabricante deberá proporcionar una certificación en que conste que el acero estructural del suministro cumple los requisitos del grado especificado.

Se puede utilizar acero sin identificar, si su aspecto superficial es aceptable según los criterios de la norma ASTM A 6, en la fabricación de partes o detalles de menor importancia, siempre y cuando que las propiedades físicas y la soldabilidad del acero no afecten la resistencia de la estructura.

En caso de utilizar el acero conocido como de "calidad comercial", la resistencia, en términos del límite de fluencia no se debe suponer mayor de 225 MPa y, a su vez, la resistencia última no mayor de 360 MPa, a menos que mediante ensayos se pueda demostrar una resistencia mayor.

650.2.1.2 Barras de ojo

El acero para barras de ojo deberá ser del tipo soldable que cumpla con la especificación AASHTO M 270, grados 36 o 50W.

650.2.1.3 Pernos, arandelas y tuercas

Los pernos de acero deberán cumplir alguna de las siguientes normas:

- NTC 858. Tornillos, pernos y partes similares roscadas. Requisitos generales (ASTM A 449).
- NTC 4028. Pernos de acero de alta resistencia, clase 10.9 y 10.9.3 para juntas de acero estructural (ASTM A 490).
- NTC 4034. Elementos de fijación. Especificación para tornillos y pernos de acero al carbono con 410 MPa (60000 psi) de resistencia a la tensión (ASTM A 307).
- ASTM A 194. Tuercas de acero al carbono y aleado para pernos que trabajen en condiciones de servicio con alta presión y alta temperatura.
- ASTM A 325. Pernos estructurales de acero, tratados térmicamente, con resistencia mínima a la tensión de 825 o 725 MPa.
- ASTM A 563. Tuercas de acero al carbono y de aleación.
- ASTM F 436. Arandelas de acero templado.

Las dimensiones de los pernos y tuercas se deberán ajustar a las dimensiones de la Tabla 650 - 1 y a los requisitos para pernos y tuercas hexagonales pesadas dados en las normas ANSI B18.2.1 y B18.2.2, respectivamente.

Se usarán pernos NTC 858 (ASTM A 449) solamente en conexiones que requieran pernos de diámetros superiores a 38 mm; no se deberán usar en conexiones de deslizamiento crítico.

Se aceptará la certificación del fabricante como prueba del cumplimiento con estas normas.

Los pernos galvanizados de alta resistencia deberán ser pernos AASHTO M 164 (ASTM A 325) tipo 1 o tipo 2,

galvanizados por el proceso de inmersión en caliente o por el proceso mecánico de galvanización. Si los pernos tipo 2 se galvanizan por el proceso de inmersión en caliente, se deberán probar a tracción después de galvanizado de acuerdo con la norma AASHTO M 164 (ASTM A 325). Las tuercas y pernos del mismo ensamble deberán ser galvanizados por el mismo proceso. Los pernos de calidad AASHTO M 253 (ASTM A 490) no se deberán galvanizar por el proceso de inmersión en caliente.

Tabla 650 – 1. Dimensiones de pernos y tuercas

DIMENSIONES DE PERNOS (EN PULGADAS) PERNO HEXAGONAL PESADO				DIMENSIONES DE TUERCAS (EN PULGADAS) TUERCA HEXAGONAL PESADA	
TAMAÑO NOMINAL PERNO D	ANCHO ENTRE CARAS PLANAS F	ALTURA DE CABEZA H	LONGITUD DE ROSCA T	ANCHO ENTRE CARAS PLANAS W	ALTURA H
1/2	7/8	5/16	1	7/8	31/64
5/8	1-1/16	25/64	1-1/4	1-1/16	39/64
3/4	1-1/4	15/32	1-3/8	1-1/4	47/64
7/8	1-7/16	35/64	1-1/2	1-7/16	55/64
1	1-5/8	39/64	1-3/4	1-5/8	63/64
1-1/8	1-13/16	11/16	2	1-13/16	1-7/64
1-1/4	2	25/32	2	2	1-7/32
1-3/8	2-3/16	27/32	2-1/4	2-3/16	1-11/32
1-1/2	2-3/8	15/16	2-1/4	2-3/8	1-15/32

Las arandelas circulares deberán ser planas y lisas y sus dimensiones nominales deberán cumplir los requisitos de la norma ASTM F 436 y las dimensiones de la Tabla 650 - 2. No se deberán utilizar arandelas planas para pernos de seguridad sujetadores de collar, a menos que se especifiquen agujeros ranurados o sobredimensionados.

Las arandelas ahusadas para vigas y canales, fabricadas según las normas americanas u otras caras ahusadas que se requieran cuadradas o rectangulares, deberán cumplir los requisitos de la norma ASTM F 436 y las dimensiones dadas en la Tabla 650 - 2.

Si se requiere, se podrá recortar un lado de la arandela hasta una distancia no inferior a siete octavos (7/8) el diámetro del perno, tomada desde el centro de la arandela.

Siempre y cuando se tenga la aprobación del Interventor, se podrán utilizar otros sujetadores o sistemas de fijación que cumplan con los materiales, fabricación y los requisitos de composición química de los pernos ASTM A 325 o ASTM A 490 y que cumplan, además, los requisitos de las propiedades mecánicas de la misma especificación en pruebas a escala natural. Así mismo, deberán tener el diámetro del cuerpo y las áreas de apoyo bajo la cabeza y tuerca, o su equivalente, no inferiores a los provistos por un perno y tuerca de las mismas dimensiones nominales prescritas en el párrafo anterior. Dichos sujetadores alternos pueden diferir en otras dimensiones de aquellas de los pernos y tuercas especificados.

650.2.1.4 Pernos de anclaje y varillas roscadas

Los pernos de anclaje y las varillas roscadas deberán cumplir alguna de las siguientes normas establecidas en el artículo F.2.1.5.4 de la norma NSR-10:

- NTC 1920. Acero estructural (ASTM A 36).
- NCT 1985. Aceros de calidad estructural y alta resistencia con baja aleación de colombio y vanadio (ASTM A 572).
- NTC 2012. Acero estructural de alta resistencia y de baja aleación con punto de fluencia mínimo de 345 MPa hasta 100 mm de espesor. (ASTM A 588).
- ASTM A 193. Materiales de acero aleado y de acero inoxidable para pernos en condiciones de servicio de alta temperatura.
- ASTM A 354. Pernos, espigos y otros sujetadores roscados externamente, de acero aleado, templado y revenido.

- ASTM A 687. Pernos y espigos, sin cabeza, de acero de alta resistencia.

Las roscas de los pernos y varillas deberán cumplir las especificaciones detalladas en las "Series Estándares Unificadas" de la última edición de la norma ANSI B18.1. Las tolerancias serán de clase 2A.

Se pueden utilizar como pernos de anclaje los pernos de acero que cumplan otras disposiciones del aparte F.2.1.5.3 de la norma NSR-10. El material NTC 858 (ASTM A 449) es aceptable para pernos de anclaje y varillas roscadas de alta resistencia de cualquier diámetro.

Se aceptará la certificación del fabricante como prueba del cumplimiento con las normas.

Tabla 650 – 2. Dimensiones de arandelas (Nota 1)

ARANDELAS CIRCULARES					ARANDELAS AHUSADAS CUADRADAS RECTANGULARES PARA VIGAS Y CANALES ESTÁNDAR		
DIÁMETRO DEL PERNO	DIÁMETRO NOMINAL EXTERNO (Nota 2)	DIÁMETRO NOMINAL AGUJERO	ESPESOR		DIMENSIÓN MÍNIMA LADO	ESPESOR PROMEDIO	AHUSADO EN ESPESOR
			Min	Máx			
1/2	1-1/16	17/32	.097	.177	1-3/4	5/16	1:6
5/8	1-5/16	21/32	.122	.177	1-3/4	5/16	1:6
3/4	1-15/32	13/16	.122	.177	1-3/4	5/16	1:6
7/8	1-3/4	15/16	.136	.177	1-3/4	5/16	1:6
1	2	1-1/16	.136	.177	1-3/4	5/16	1:6
1-1/8	2-1/4	1-1/4	.136	.177	2-1/4	5/16	1:6
1-1/4	2-1/2	1-3/8	.136	.177	2-1/4	5/16	1:6
1-3/8	2-3/4	1-1/2	.136	.177	2-1/4	5/16	1:6
1-1/2	3	1-5/8	.136	.177	2-1/4	5/16	1:6
1-3/4	3-3/8	1-7/8	.178	.28			
2	3-3/4	2-1/8	.178	.28			
De 2 a 4	2D-1/2	D+1/8	.24	.34			

Nota 1: Todas las dimensiones están en pulgadas

Nota 2: Se puede exceder en 1/4 de pulgada

650.2.1.5 Transmisores de cortante soldados

Los transmisores de cortante deberán cumplir los requisitos para barras de acero al carbono formado en frío, AASHTO M 169 barras estiradas en frío, grados 1015, 1018 o 1020, semi o completamente apagadas. Si se utilizan casquetes para retención del fundente, el acero de éstos deberá ser de un grado de bajo contenido de carbono apropiado para soldadura y que cumpla la especificación ASTM A 109, "Tiras de Acero al Carbono laminado en frío".

Las propiedades mecánicas, determinadas por ensayos del acero en barras luego de su estiramiento o de conectores terminados, deberán cumplir los siguientes requisitos:

- Resistencia a la tracción (mínima): 420 MPa
- Límite de fluencia (mínimo): 350 MPa
- Elongación en 2 pulgadas (mínimo): 20 %
- Reducción de área (mínima): 50 %

Las propiedades mecánicas se determinarán de acuerdo con las secciones aplicables de la norma ASTM A 370, "Ensayos mecánicos de productos de acero". Las pruebas de tensión de los pernos terminados se harán en pernos soldados a platinas de prueba que utilizan una plantilla tal como lo indica la norma AWS D1.1. Si ocurre fractura fuera de la mitad central de la longitud en la escala, se deberá repetir la prueba.

Los pernos terminados deberán ser de calidad y apariencia uniforme, libres de astillas perjudiciales, rebabas, fisuras, grietas, torceduras, dobleces u otros defectos. El acabado deberá ser el conseguido por estiramiento en frío, laminado en frío o maquinado.

El fabricante deberá certificar que los pernos se ajustan a los requisitos de material del presente numeral. A solicitud del Interventor, se deberán remitir copias certificadas de los informes de control de calidad hechos en la planta.

650.2.1.6 Pilotes tubulares de acero

Los pilotes tubulares de acero deberán cumplir los requisitos de la norma ASTM A 252, grado 2 para pilotes de tubería metálica soldada sin costura, con requerimientos químicos según la norma ASTM A 53, grado B.

650.2.2 Metal de aporte y fundente para soldadura

Los electrodos y fundentes para soldadura deberán cumplir una de las siguientes normas de la Norma NSR-10, artículo F.2.1.5.5, correspondiente de la Sociedad Americana de Soldadura (AWS):

- NTC 2191. Especificación para electrodos de acero al carbono para soldadura de arco metálico protegido (AWS A5.1).
- NTC 2253. Especificaciones para electrodos de acero al carbono de baja aleación para soldadura de arco (AWS A5.5).
- NTC 3570. Especificaciones para metales de aporte de acero de baja aleación para soldadura de arco con protección de gas. (AWS A5.28).
- NTC 3623. Especificaciones para electrodos de acero de baja aleación y fundentes para soldadura de arco sumergido. (AWS A5.23).
- NTC 2632. Especificaciones para metales de aporte de acero al carbono para soldadura de arco con protección de gas. (AWS A5.18).
- NTC 2677. Especificaciones para electrodos de acero al carbono y fundentes para soldadura de arco sumergido (AWS A5.17).
- AWS A5.20. Especificaciones para electrodos de acero al carbono para soldadura de arco con fundente en el núcleo.
- AWS A5.29. Especificaciones para electrodos de acero de baja aleación para soldadura de arco con fundente en el núcleo.

Se aceptará la certificación del fabricante como prueba del cumplimiento con las normas. Los electrodos y metales de aporte seleccionados deben ser los apropiados para la aplicación prevista.

650.2.3 Piezas forjadas y ejes de acero**650.2.3.1 Piezas forjadas de acero**

El acero fundido deberá cumplir una de las siguientes especificaciones establecidas en la Norma NSR-10, artículo F.2.1.5.2.:

- NTC 4003. Fundiciones de acero al carbono para aplicaciones en general (ASTM A 27 Grado 65- 35).
- NTC 1137. Fundiciones de acero de alta resistencia para usos estructurales (ASTM A 148 Grado 80- 50)

Las piezas forjadas se deberán ajustar a la norma:

NTC 4038. Fundiciones ferrosas. Piezas forjadas de acero al carbono aleado, para usos industriales en general (ASTM A 668).

Se aceptarán los informes certificados de ensayo como prueba del cumplimiento de la norma

650.2.3.2 Ejes de acero al carbono formado en frío

Los ejes de acero al carbono formado en frío deberán cumplir las especificaciones para barras y ejes de acero al carbono en frío, AASHTO M 169 (ASTM A 108). A menos que se especifique diferente, se deberán suministrar los grados 1016 a 1030, inclusive.

650.2.4 Fundiciones de acero**650.2.4.1 Fundiciones de acero para puentes**

Las fundiciones de acero para componentes de puentes de vías deberán cumplir las especificaciones estándar para fundiciones de puentes de carreteras, norma AASHTO M 192 (ASTM A 486) o fundiciones de acero al carbono de resistencia suave a media para aplicaciones generales, norma AASHTO M 103 (ASTM A 27). A menos que se especifique

algo diferente, se deberán emplear la clase 70 o grados 70-36 de acero, respectivamente.

650.2.4.2 Fundiciones de acero con aleaciones de cromo

Las fundiciones de acero con aleaciones de cromo deberán cumplir las especificaciones para fundiciones de hierro-cromo, de hierro-cromo-níquel, resistentes a la corrosión para aplicaciones generales, norma AASHTO M 163 (ASTM A 743). Se deberá suministrar Grado CA 15, a menos que se especifique de otra manera.

650.2.5 Fundiciones de hierro

Deberán ser fundiciones de hierro gris que cumplan las especificaciones para fundiciones de hierro gris, norma AASHTO M 105 (ASTM A 48), clase 30, a menos que se especifique algo diferente.

650.2.6 Fundiciones de hierro dúctil

Deberán cumplir las especificaciones para fundiciones de hierro dúctil, norma ASTM A 536 grado 60-40-18, a menos que se especifique de otra manera.

650.2.7 Fundiciones maleables

Deberán cumplir las especificaciones para fundiciones de hierro maleable, norma AASHTO M 106 (ASTM A 47). Se deberá suministrar grado No.35018, a menos que se especifique de otra manera.

650.2.8 Fundiciones de bronce y chapas de aleaciones de cobre

650.2.8.1 Fundiciones de bronce

Deberán cumplir las especificaciones estándar para fundiciones de bronce para puentes y tornavías, norma AASHTO M 107 (ASTM B 22) aleaciones 913 o 911.

650.2.8.2 Chapas de aleaciones de cobre

Deberán cumplir las especificaciones estándar para láminas y platinas de apoyo y de expansión de aleaciones de cobre

para puentes y otras aplicaciones estructurales, norma AASHTO M 108 (ASTM B 100).

650.2.9 Materiales para juntas y apoyos

650.2.9.1 Láminas de plomo

Deberán cumplir los requisitos para plomo común desplastinado de las especificaciones para plomo en lingotes, norma AASHTO M 112 (ASTM B 29).

650.2.9.2 Láminas de zinc

Deberán cumplir los requisitos del Tipo II de las especificaciones para zinc laminado, norma AASHTO M 113 (ASTM B 69).

650.2.9.3 Láminas de bronce o de aleación de cobre

Las de bronce deberán cumplir los requisitos de la norma AASHTO M 107 (ASTM B 22), para aleación 911, y las de aleación de cobre los requisitos de la norma AASHTO M 108 (ASTM B 69), aleación 510.

Las láminas deberán ser lubricadas y el compuesto lubricante deberá ser grafito y sustancias metálicas con un ligante lubricante resistente a la acción de la intemperie.

650.2.9.4 Almohadillas elastoméricas de soporte

Deberán cumplir lo indicado en la especificación AASHTO M 251.

650.2.9.5 Almohadillas preformadas de caucho y fibra de algodón

Deberán ser fabricadas de caucho no vulcanizado y de capas de fibras nuevas de algodón, comprimidas y vulcanizadas para formar almohadillas del grosor especificado, de acuerdo con la Federal Specification MIL-C-882, y deberán tener una resistencia a la compresión, perpendicular a las laminaciones, no menor de setecientos kilogramos por centímetro

cuadrado (700 kg/cm²), sin reducción perjudicial de su espesor.

650.2.9.6 Lona de algodón y minio rojo para apoyos de mampostería

Deberán cumplir las especificaciones siguientes:

- Lona de algodón, de acuerdo con la norma AASHTO M 166.
- El minio rojo, de acuerdo con la norma AASHTO M 72.

650.2.10 Materiales para cubrimiento

650.2.10.1 Galvanizado

Cuando se indica en los planos o se especifica en las disposiciones especiales, los productos de metal ferroso deberán ser galvanizados de acuerdo con las especificaciones para revestimientos de zinc (galvanizado en caliente) de productos fabricados de perfiles de acero laminado, prensado y forjado, platinas, barras y flejes, norma AASHTO M 111.

650.2.10.2 Pintura

650.2.10.2.1 Pintura de taller

Se debe realizar en concordancia con lo establecido en la Norma NSR-10, artículo F.2.13.3.

650.2.10.2.1.1 Requisitos generales

La preparación de la superficie y la pintura de taller se ajustarán a los requisitos del Código de Práctica Estándar del AISC. No se requiere pintura de taller si no se especifica claramente en los documentos del contrato.

650.2.10.2.1.2 Superficies inaccesibles

Excepto las superficies en contacto, las superficies inaccesibles después del

ensamble de taller se deberán limpiar y pintar con anterioridad al ensamble, de acuerdo con los requisitos de los documentos de diseño.

650.2.10.2.1.3 Superficies de contacto

Se permite incondicionalmente la pintura en conexiones tipo aplastamiento. Para conexiones por fricción, los requisitos de la superficie de contacto estarán de acuerdo con 3(b) de las especificaciones para juntas estructurales del RCSC que utilizan pernos grado 5 o grado 8 de ASTM A 325 o NTC 4028 (ASTM A 490).

650.2.10.2.1.4 Superficies acabadas

Las superficies terminadas a máquina se protegerán contra la corrosión por medio de una película inhibidora de óxido que se pueda remover antes del montaje o que tenga características que hagan innecesaria su remoción antes de efectuarlo.

650.2.10.2.1.5 Superficies adyacentes a soldaduras de campo

A menos que se especifique otra cosa en los planos de diseño, las superficies a menos de 50 mm de sitios donde se hayan de aplicar soldaduras de campo, deberán estar libres de materiales que impidan el soldado correcto o que produzcan gases tóxicos u objetables mientras se realiza la soldadura.

650.2.10.2.1.6 Pintura de campo

Los retoques de pintura, la limpieza de la estructura, así como la pintura general se deben realizar de acuerdo con las prácticas

locales aceptadas, las cuales se harán constar explícitamente en los planos de diseño.

650.2.11 Soldadura

La soldadura de estructuras de acero, cuando se autoriza, deberá cumplir la norma AWS D1.1- 80 del Código de Soldadura Estructural de la AWS.

650.2.12 Abrasivos y disolventes

Los abrasivos utilizados para la limpieza superficial del acero estructural deberán ser arena seca limpia, arenisca mineral o limaduras de acero, a opción del Constructor, los cuales tendrán una gradación aprobada para producir resultados satisfactorios.

No se permitirá el uso de otros abrasivos, sin la aprobación previa del Interventor.

A menos que las disposiciones especiales lo prohíban, se podrán emplear disolventes para retirar aceite, grasa u otros contaminantes solubles de acuerdo con la norma SSPC-SP1, "Limpieza de disolventes".

650.3 EQUIPO

El Constructor deberá poner a disposición de los trabajos todos los equipos y herramientas necesarios para la correcta y oportuna fabricación de las piezas de acero estructural, de acuerdo con los planos del proyecto. Además, deberá proporcionar los vehículos para su transporte a la obra, así como todas las armazones provisionales y todas las herramientas, maquinaria, artefactos y pernos ajustadores necesarios para la marcha efectiva del trabajo.

El montaje en el campo de las partes componentes de una estructura, implica el uso de métodos y artefactos que no produzcan daños por torcedura, dobladura u otra deformación del metal.

650.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

650.4.1 Diseño, planos e identificación del acero durante la etapa de fabricación

650.4.1.1 Diseño y planos

Cuando el contrato incluya el diseño definitivo de la estructura de acero, el Constructor elaborará el proyecto estructural definitivo a partir del anteproyecto, de la información existente y de los resultados de los estudios básicos e investigaciones previas.

El proyecto estructural definitivo comprende la elaboración de cálculos, planos de detalle, recomendaciones y demás pormenores característicos, sin omitir parte alguna por haber sido tenida en cuenta en el anteproyecto, de tal manera que con dicho proyecto se pueda construir la obra en la forma más favorable, desde los puntos de vista ambiental y económico, garantizándose que sea resistente, funcional, duradera y estética.

El Constructor deberá someter copias de los planos detallados de taller a la aprobación del Interventor. Cualquier trabajo hecho con anterioridad a la aprobación de dichos planos será a riesgo del Constructor. Los planos deberán contener las calidades y los tamaños y dimensiones detalladas de las partes componentes de la estructura y detalles de las partes misceláneas, como tuercas, pernos, etc.

La aprobación de los planos no exime al Constructor de su responsabilidad por la correcta ejecución de los trabajos ni por la estabilidad de la obra luego de construida.

650.4.1.2 Identificación de aceros durante la fabricación

650.4.1.2.1 Identificación por el Constructor

El Constructor deberá suministrar al Interventor copias certificadas de todos los informes de análisis químicos y pruebas físicas para cada colada de acero, para todos los elementos, siempre que éste los requiera. Cada pieza de acero que se ha de

fabricar, se deberá identificar convenientemente para el Interventor.

Los planos del taller deberán identificar específicamente cada pieza fabricada de acero de calidad diferente al acero ASTM A 36. Las piezas hechas de acero de grados diferentes no tendrán la misma marca de ensamble o montaje, aunque sean de dimensiones y detalles idénticos.

El sistema de marcas guías utilizado por el Constructor para piezas individuales hechas de acero de calidad diferente al acero ASTM A 36, y las instrucciones de corte dadas al taller (generalmente referenciando las marcas guías en los planos de taller con el ítem correspondiente a la orden de compra) deberán ser tales, que permitan identificar el número del informe de las pruebas de fábrica.

El Constructor podrá suministrar material en existencia, siempre que pueda ser identificado por el número de colada y el informe de pruebas de fábrica.

Cualquier material almacenado para uso posterior deberá ser marcado con el número del informe de pruebas de fábrica y con el código de identificación por colores (véase Tabla 650 - 3) de la norma AASHTO M 160 (ASTM A 6).

650.4.1.2.2 Identificación de aceros durante la fabricación

Durante la etapa de fabricación, cada pieza de acero de calidad diferente al acero ASTM A 36, deberá llevar en forma clara y legible su código de identificación por colores mostrado en la Tabla 650 - 3.

Las piezas de acero marcadas individualmente que se utilizan en el tamaño suministrado, o que tienen un tamaño reducido por el desbastado de un borde o extremo que no altera el número de colado o

código de color se pueden utilizar sin codificación adicional, siempre y cuando permanezca legible el número de colado o código de color.

Las piezas de acero de calidad diferente al acero ASTM A 36, que se han de cortar en piezas de menor tamaño, antes de ser cortadas se deberán marcar en forma legible con el código de identificación por colores de la norma AASHTO M 160.

Las piezas individuales de acero de calidad diferente al acero ASTM A 36, que se han de suministrar en paquetes rotulados deberán ser marcadas con el código de identificación por color de la norma AASHTO M 160, a su retiro del paquete.

Las piezas de acero de calidad diferente al acero AASHTO M 270 grado 36, que previamente al ensamble están sujetas a operaciones de fabricación tales como limpieza con aire, galvanizado, tratamiento térmico o pintura que borre la marca del código de color, deberán ser marcadas con troqueles de acero o mediante un rótulo resistente bien pegado.

Se deberá utilizar el código de la Tabla 650 - 3 para identificar los aceros, en concordancia con esta especificación, durante toda la operación de fabricación.

Otros aceros con excepción del acero ASTM A 36, excluido de la especificación AASHTO M 160, deberán tener un código de color individual que deberá ser establecido y registrado para el Interventor.

Tabla 650 – 3. Código de identificación por colores

NORMA	CÓDIGO / COLOR
AASHTO M 270	Grado 100 rojo
AASHTO M 270	Grado 100W rojo y naranja
AASHTO M 270	Grado 50 verde y amarillo
AASHTO M 270	Grado 50W azul y amarillo

650.4.2 Fabricación

650.4.2.1 Almacenamiento de materiales

El material estructural, corriente o prefabricado, deberá ser almacenado en los talleres sobre plataformas elevadas, rodillos o cualquier otro tipo de soporte. Se deberá mantener libre de tierra, grasa o cualquier materia extraña, y proteger siempre contra la corrosión.

650.4.2.2 Montaje en el taller

El montaje total de una estructura completa, incluyendo el sistema de piso o el montaje de componentes individuales de la misma como armaduras, nervaduras de arcos, vigas continuas o vigas maestras, castilletes, caballetes y marcos rígidos, se deberá realizar en el taller en la forma que sea requerida en los planos. En caso contrario, el Constructor podrá optar por el montaje parcial en taller, que será el mínimo trabajo de taller requerido antes de iniciar las operaciones de escariado o las de taladrado en metal sólido, a tamaño normal que deban ser efectuadas en el campo.

650.4.2.3 Perforación de agujeros para pernos

650.4.2.3.1 Perforación de los agujeros

Todos los agujeros para los pernos de alta resistencia deberán ser punzonados, escariados o taladrados. Los agujeros terminados al tamaño normal deberán ser de 1/16 de pulgada (1.6 mm), mayores que el diámetro nominal del perno.

El material que forme parte de una pieza compuesta de no más de cinco espesores de metal puede ser punzonado a 1/16 de pulgada (1.6 mm) más grande que el diámetro nominal del perno, siempre que el grueso del metal no sea mayor de ¾ de pulgada (1.91 cm) para acero al carbono, de 5/8 de pulgada (1.59 cm) para acero de aleación y de ½ pulgada (1.27 cm) para acero templado y revenido.

Cuando el material que forme parte de una pieza compuesta sea de más de cinco espesores de metal, o alguno de los principales materiales sea más grueso que $\frac{3}{4}$ de pulgada (1.91 cm) para el acero al carbono; de $\frac{5}{8}$ de pulgada (1.59 cm) para acero de aleación y de $\frac{1}{2}$ pulgada (1.27 cm) para acero templado y revenido, todos los agujeros deberán ser punzonados o taladrados a un diámetro menor de $\frac{3}{16}$ de pulgada (0.476 cm), más pequeño que el diámetro nominal del perno y luego, durante el montaje fresados o escariados $\frac{1}{16}$ pulgada (1.6 mm) mayores que el diámetro nominal del perno. También, pueden ser taladrados en el metal sólido $\frac{1}{16}$ de pulgada (1.6 mm) mayores que el diámetro nominal del perno.

650.4.2.3.2 Perforaciones para pernos nervados, pernos torneados u otros pernos aprobados tipo aplastamiento.

Todas las perforaciones para pernos nervados, pernos torneados u otros pernos tipo aplastamiento se deben taladrar $\frac{3}{16}$ de pulgada (0.476 cm) más pequeños que el diámetro nominal del perno y ensanchar, montar, o taladrar con la ayuda de una plantilla metálica o después de montaje, a opción del fabricante. En ningún caso, las perforaciones terminadas necesitarán un ajuste a martillo.

650.4.2.3.3 Agujeros a punzón

El diámetro del troquel o matriz no deberá exceder de $\frac{1}{16}$ de pulgada (1.6 mm) del diámetro nominal del perno. Si algunos de los agujeros se deben ampliar para admitir los pernos, se deben escariar.

Los agujeros punzonados deberán estar bien definidos sin bordes rasgados, rotos o disparejos.

La deficiente coincidencia de agujeros será causa suficiente para su rechazo.

650.4.2.3.4 Agujeros taladrados o escariados

Los agujeros taladrados o fresados deberán ser cilíndricos, perpendiculares a la pieza y no mayores de 1/16 de pulgada (1.6 mm) que el diámetro nominal del perno. Cuando sea factible, los escariadores se deben dirigir por medios mecánicos. Las rebabas en la superficie exterior, deben ser eliminadas y será motivo de rechazo la deficiente coincidencia de los agujeros. El taladro y el escariado se deben hacer con brocas helicoidales.

Las piezas armadas se deben desarmar para quitarles las rebabas ocasionadas por el taladrado.

650.4.2.3.5 Agujeros para conexiones en obra, de miembros principales

A menos que se especifique en otra forma en las especificaciones particulares, los agujeros para pernos de todas las conexiones y empalmes en obra, de piezas principales de armaduras, vigas y demás miembros principales, deberán ser punzonados o taladrados a un diámetro menor y posteriormente escariados al tamaño normal con una plantilla de acero, mientras se efectúa su montaje.

650.4.2.3.6 Agujeros para conexiones en obra, de otros miembros que no sean principales

Con excepción de los miembros principales mencionados anteriormente y donde no se requiera en los planos, perforación a un diámetro menor y posterior escariado, los agujeros en el material de $\frac{3}{4}$ de pulgada (1.91 cm) o menos de espesor, deberán ser perforados al diámetro total. Los agujeros de material de más de $\frac{3}{4}$ de pulgada (1.91 cm) de espesor, deberán ser perforados a un diámetro menor y luego escariados o bien taladrados en sólido, al tamaño normal.

650.4.2.3.7 Precisión de los agujeros punzonados y de los taladrados a diámetro menor

Todos los agujeros punzonados al tamaño normal, punzonados a un diámetro menor o taladrados a un diámetro menor, se deben hacer con una precisión tal, que después de ensambladas las piezas (y antes de realizar el escariado) se pueda pasar perpendicularmente a las piezas y sin desalineado, una varilla cilíndrica de 1/8 de pulgada (0.32 cm) menor que el diámetro nominal del agujero en, por lo menos, un setenta y cinco por ciento (75 %) de cualquier grupo contiguo de agujeros en el mismo plano. Si este requisito no se cumple, deben ser rechazadas las piezas incorrectamente perforadas. Si hay algún agujero que no permita el paso de una varilla de 3/16 de pulgada (0.476 cm) menor que el diámetro nominal de agujero perforado, esto será causa suficiente para rechazarlo.

650.4.2.3.8 Precisión de los agujeros escariados y de los taladrados a tamaño normal

En el caso de los agujeros escariados y los taladrados a tamaño normal, el ochenta y cinco por ciento (85 %) de ellos en cualquier grupo contiguo, después del escariado o taladrado, no deberá mostrar una desviación mayor de 1/32 de pulgada (0.8 mm) entre espesores adyacentes de metal.

650.4.2.4 Enderezamiento del material

Todo el material estructural deformado deberá ser enderezado por métodos adecuados, antes de ser armado, abrirle agujeros o trabajado de otra manera en el taller.

Las torceduras y dobleces ásperos o filosos serán causa de rechazo del material. El enderezado de extremos doblados de láminas, angulares y otros perfiles, se deberá hacer por métodos que no causen fractura u otros daños al material. Ningún metal deberá ser calentado, a menos que esto sea estrictamente necesario, en cuyo caso el calentamiento se

deberá hacer a una temperatura no mayor que la que produce un color rojo cereza. Después del calentamiento, el metal se deberá enfriar lentamente. A continuación del enderezado de una dobladura, la superficie del metal se debe inspeccionar cuidadosamente, buscando señales de posibles fracturas.

Excepto cuando se requiera una contraflecha, el material deberá llenar los siguientes requisitos de rectitud, cuando haya sido colocado en su lugar en el campo. La desviación permisible para una línea recta no debe exceder de un milímetro por metro (1 mm/m).

No se deberá usar ningún arriostramiento transversal u otros medios para forzar a un miembro a mantener la rectitud necesaria durante su armado.

650.4.2.5 Curvatura de vigas laminadas y ensambladas

La operación de curvado se debe realizar al calor antes de pintar el elemento; sin embargo, se puede efectuar antes o después de completar la soldadura que se requiera para los atiesadores transversales intermedios. El calentamiento se deberá conducir de tal manera, que la temperatura del acero no exceda de seiscientos veinte grados Celsius (620° C). La viga no se podrá enfriar artificialmente hasta tanto la temperatura haya descendido a trescientos quince grados Celsius (315° C).

Los aceros fabricados a un punto mínimo de fluencia en exceso de cincuenta mil libras por pulgada cuadrada (350 MPa), no pueden ser curvados al calor.

650.4.2.6 Corte a la llama

El acero estructural, puede ser cortado a la llama, siempre que se obtenga una superficie lisa, libre de muescas y grietas y se obtenga un perfil exacto mediante el empleo de una perfiladora mecánica. El corte de llama manual (a pulso) se debe hacer únicamente cuando sea autorizado en las especificaciones particulares. La llama cortante deberá ser

ajustada y manipulada de modo que se evite cortar más allá (hacia adentro) de las líneas prescritas.

Las muescas, grietas y asperezas superficiales que no excedan de cinco milímetros (5 mm) de profundidad, pueden ser eliminadas por cepillado o esmerilado. Los defectos en bordes cortados con llama, no deberán ser reparados mediante soldadura, excepto cuando así se indique en las especificaciones particulares. Se pueden reparar con este método muescas o ranuras ocasionales con una profundidad menor de diez milímetros (10mm), en aquellos tipos de acero estructural considerados como soldables de acuerdo a las normas ASTM, para el acero de que se trate. La soldadura terminada se debe esmerilar para dejarla lisa y pareja con la superficie contigua.

650.4.2.7 Ajuste para el empernado

Las superficies de metal que entren en contacto, se deberán limpiar antes del montaje. Las partes de un miembro se deberán montar bien aseguradas y firmemente unidas con pernos antes de empezar el escariado. Las piezas montadas se deben separar, si es necesario, para la remoción de rebabas y virutas producidas por el escariado. Todos los miembros deberán estar libres de torceduras, dobladuras y otras deformaciones.

650.4.2.8 Diagrama de contraflechas

El Constructor deberá proporcionar al Interventor un diagrama de contraflechas mostrando la contraflecha en todos los nudos de cada tramo o panel para cada armadura, tomado de las verdaderas medidas obtenidas durante el montaje en el taller, cuando se trate de montaje completo.

Cuando se use un montaje parcial, el diagrama de contraflechas se deberá basar en los valores calculados en cada nudo de la armadura.

Las armaduras deberán ser combadas de tal forma que todos los miembros queden rectos y alineados normalmente bajo la carga muerta completa. La fabricación y el montaje de las

armaduras se deberán ejecutar de tal manera que se reduzcan los esfuerzos secundarios hasta donde sea factible. Los empalmes en los cordones rectos y en las columnas se deberán escariar después de armar los miembros en sus posiciones geométricas apropiadas. Se deberá ejercer atención especial para la eliminación del efecto que producen las barras de amarre y los miembros secundarios. Así mismo, se deberán tomar las medidas adecuadas para compensar la pérdida de contraflecha, resultante de la soldadura de conectores de corte a los miembros estructurales.

650.4.2.9 Marcas de coincidencia

Las partes componentes armadas en el taller, con el propósito de abrir agujeros para las conexiones de campo, se deberán marcar para el montaje y se deberá proporcionar a los constructores en el campo y al Interventor, un diagrama que muestre tales marcas.

650.4.2.10 Terminado de bordes y superficies de apoyo

No se requiere pulir o dar terminado a los bordes de las piezas cizalladas o cortadas térmicamente, a no ser que específicamente se establezca en los planos, o que aparezca incluido en una especificación de preparado de borde para soldadura.

El terminado de las superficies de apoyo, placas base y otras superficies de apoyo que han de quedar en contacto con concreto o entre sí, deberá cumplir los requisitos de aspereza superficial ANSI definidos en la norma ANSI B46.1, Aspereza Superficial, Ondulado y Trenzado, Parte I, así:

- Placas de acero: ANSI 2.000
- Placas pesadas en contacto en zapatas que se han de soldar: ANSI 1.000
- Extremos cepillados de miembros a compresión o extremos pulidos

de atiesadores o rellenos	ANSI 500
– Rodillos y balancines de puentes:	ANSI 250
– Pasadores y huecos de pasadores:	ANSI 125
– Asientos de deslizamiento:	ANSI 125

650.4.2.11 Juntas colindantes

Las juntas a tope de los miembros en compresión deberán tener sus caras acabadas adecuadamente y se deberán ajustar exactamente para asegurar un apoyo uniforme.

Los extremos de los miembros en tensión en los empalmes, deberán tener un acabado áspero, pero los extremos de los miembros no deberán estar en contacto. La abertura no deberá exceder de seis milímetros (6 mm).

650.4.2.12 Fabricación de elementos

A menos que se indique en los planos, las placas de acero para elementos principales y placas de empalme para aletas y los elementos principales sometidos a tensión se deberán cortar y fabricar de tal forma, que la dirección primaria del laminado quede paralela a la dirección de los esfuerzos principales de tensión y/o compresión.

Los elementos fabricados deberán quedar bien aplomados y estar libres de torceduras, dobleces y juntas abiertas.

650.4.2.13 Platinas curvas

Las platinas de acero laminado, no soldadas, curvadas en frío, que soportan carga deberán cumplir lo siguiente:

Se deberán tomar de platinas en existencia, cuya línea de doblez esté en ángulos rectos con la dirección del laminado, excepto que las nervaduras dobladas en frío para puentes de tablero ortotrópico se puedan doblar en la dirección del laminado, si el Interventor lo permite.

El doblado se deberá hacer de tal manera, que no ocurra ninguna rotura en la platina. Los radios mínimos, medidos en la cara cóncava del metal, están dados en la Tabla 650 - 4, donde “t” es el espesor de la platina.

La tolerancia para la recuperación del acero AASHTO M 270 (ASTM A 709) grados 70W y 100/100W deberá ser del orden de tres (3) veces la del acero estructural al carbono. Para el formato en prensa, la luz inferior del troquel deberá ser, por lo menos, dieciséis (16) veces el espesor de la platina. Se recomiendan golpes múltiples.

Tabla 650 – 4. Radios de doblado

	ESPESOR EN PULGADAS “t”				
	Hasta ½	De ½ a 1	De 1 a 1 ½	De 1 ½ a 2 ½	De 2 ½ a 4
	RADIOS DE DOBLADO				
Acero estructural todos los grados	2t	2.5 t	3t	3.5 t	4t

Si se requiere un radio más corto, las platinas deberán ser dobladas al calor a una temperatura que no sobrepase de seiscientos cincuenta grados Celsius (650° C), excepto para aceros AASHTO M 270 grados 70W y 100/100W. Si las platinas de estos aceros tienen que ser dobladas en caliente a temperaturas superiores a quinientos ochenta grados Celsius (580° C) o seiscientos diez grados Celsius (610° C), respectivamente, dichos aceros se deberán templar y revenir de nuevo de acuerdo con la práctica de las acerías.

Previo al doblado, las esquinas de las platinas se deberán redondear a un radio de un milímetro y seis décimas (1.6 mm) en todas las partes de la platina que deben ser dobladas.

650.4.2.14 Ajuste de los angulares de refuerzo

Los angulares de refuerzo para extremos de vigas o de soporte en puntos de cargas concentradas, deberán ser fresados, esmerilados o rectificadas adecuadamente, para

asegurar un asiento parejo contra los angulares que forman el ala o contra el ala de las vigas. Se podrá permitir el uso de soldadura en vez de fresado o esmerilado, cuando así se especifique en los planos o en las especificaciones particulares.

Los angulares intermedios (que no soporten carga concentrada), deberán ser suficientemente ajustados para impedir el paso del agua después de ser pintados.

650.4.2.15 Barras de ojo

Los agujeros para pasadores pueden ser cortados con llama, a un diámetro por lo menos de cinco centímetros (5 cm) menor que el diámetro acabado del pasador. Las barras de ojo que vayan a ser colocadas lado a lado en la estructura, se deberán afianzar fuertemente unas con otras en el orden en que serán colocadas en el pasador y taladradas en ambos extremos mientras están sujetadas. Las barras de ojo deberán ser estampadas con letras de acero en las cabezas de cada pieza al terminar su fabricación, de modo que queden visibles cuando las barras sean colocadas en su lugar en la estructura. Las barras de ojo deberán ser rectas y estar libres de torceduras, y los agujeros para los pasadores deberán quedar situados con exactitud en la línea central de la barra. La inclinación de las barras con respecto al plano de la armadura no deberá exceder de cinco milímetros por metro (0.5 cm/m).

Los bordes de las barras de ojo que queden entre la línea media transversal de sus agujeros para pasadores se deberán cortar simultáneamente con dos (2) sopletes que trabajen mecánicamente uno frente al otro, guiados por una plantilla maciza para evitar la distorsión de las planchas.

650.4.2.16 Revenido y alivio de esfuerzos

Los elementos estructurales que se deban revenir o normalizar, se deberán maquinar, taladrar y enderezar después del tratamiento al calor. El normalizado y revenido (temple total) se harán de acuerdo a lo especificado en la norma ASTM E 44. La temperatura dentro del horno se

deberá mantener uniforme durante el calentamiento y enfriamiento, de modo que no se presente una diferencia de temperatura mayor de treinta y ocho grados Celsius (38° C) en dos puntos del elemento.

Los elementos de acero de calidad AASHTO M 270, grados 70W y 100/100W, no se deben revenir, normalizar o aliviar de esfuerzos, sin la aprobación previa del Interventor.

Un registro de cada cargada de horno debe identificar las piezas e indicar las temperaturas y el programa realmente utilizados. Se deben proporcionar instrumentos apropiados, incluyendo pirómetros de registro, para determinar en cualquier momento la temperatura de los elementos dentro del horno. Los registros de la operación deben estar disponibles al Interventor y tener su aprobación. Las temperaturas de retención para el alivio de esfuerzos de aceros de calidad AASHTO M 270, grados 70W y 100/100W no deberán exceder de quinientos ochenta grados Celsius (580° C) o seiscientos diez grados Celsius (610° C), respectivamente.

Los elementos tales como zapatas de puentes, pedestales, y otras partes construidas mediante secciones de platina soldadas juntas, se deberán aliviar de esfuerzos de acuerdo con el parágrafo 4.4 de la norma AWS D1.1 cuando lo requieran los planos, las especificaciones, o las disposiciones especiales que controlan el contrato.

650.4.2.17 Pasadores y rodillos

650.4.2.17.1 Características generales

Los pasadores y rodillos se deberán torneear exactamente a las dimensiones indicadas en los planos y estar rectos, lisos y libres de imperfecciones. Los pasadores y rodillos de más de veintidós centímetros y nueve décimas (22.9 cm) de diámetro deberán ser de acero forjado y revenido. Los pasadores y rodillos de veintidós centímetros y nueve décimas (22.9 cm) o menos de diámetro,

pueden ser ya sea forjados y revenidos o torneados de acero al carbono acabado en frío.

En los pasadores de más de veintidós centímetros y nueve décimas (22.9 cm) de diámetro, se deberá perforar un agujero de cinco centímetros (5 cm) de diámetro mínimo a todo lo largo del eje después que se ha enfriado la forja a una temperatura por debajo del rango crítico, bajo condiciones adecuadas, para evitar daño por enfriamiento demasiado rápido, y con anterioridad al temple.

650.4.2.17.2 Perforación de los agujeros para pasadores

Estos agujeros deberán ser taladrados lisos y rectos, de acuerdo con las medidas de los planos, en ángulo recto con los ejes del miembro y paralelos entre sí, a menos que se requieran en otra forma. La superficie final del agujero, deberá ser acabada con un taladro más fino.

650.4.2.17.3 Espacio libre para pasadores

El diámetro del agujero para pasador no deberá exceder el diámetro de éste en más de medio milímetro (0.5 mm) para pasadores de doce centímetros y siete décimas (12.7 cm) o menos en diámetro, ni de ocho décimas de milímetro (0.8 mm) para pasadores más grandes.

650.4.2.17.4 Roscas para pasadores

Las roscas para pasadores deberán ajustar con precisión en las tuercas y deberán cumplir la Unified Standard UNC-ANSI B1.1 del American National Standards Institute, para clase 2 A en pasadores y pernos, y clase 2 B para tuercas; excepto para pasadores con diámetro de tres y medio centímetros (3.5 cm) o mayor, las roscas deben ser de seis (6) vueltas por pulgada.

650.4.2.17.5 Tuercas guías y de montaje

Se deberán proporcionar dos (2) tuercas guías y dos (2) tuercas de montaje para cada tamaño de pasador, a menos que los planos lo indiquen de otra forma.

650.4.2.18 Conexiones con pernos normales**650.4.2.18.1 Generalidades**

Los pernos pueden ser no torneados, torneados, o pernos nervados que cumplan con los requisitos de los pernos grado A de la norma ASTM A 3307 para sujetadores de acero de bajo contenido de carbón roscados exterior e interiormente. Las conexiones pernadas se utilizan solamente como se indica en los planos o en disposiciones especiales. Los pernos deberán tener doble tuerca o tuercas sencillas de cierre automático a menos que se indique diferente en los planos o en las disposiciones especiales. Cuando las caras de apoyo tienen una pendiente de más de 1:20 con respecto a un plano normal al eje del perno, se deberán utilizar arandelas biseladas.

650.4.2.18.2 Pernos sin tornear

A menos que se especifiquen otros tipos, se deberán suministrar pernos sin tornear.

650.4.2.18.3 Pernos torneados

La superficie del cuerpo de los pernos torneados deberá tener un grado de aspereza de 125 según la norma ANSI. Las cabezas y tuercas deberán ser hexagonales con las dimensiones estándar para pernos del tamaño nominal especificado o el tamaño nominal siguiente. El diámetro de las roscas deberá ser igual al cuerpo del perno o al diámetro nominal del perno especificado. Los huecos para pernos torneados deberán ser ensanchados cuidadosamente con los pernos suministrados para

proveer un ligero ajuste de martillo. Las roscas deberán quedar totalmente fuera de los huecos y una arandela se proveerá bajo la tuerca.

650.4.2.18.4 Pernos nervados

El cuerpo de los pernos nervados deberá ser de una forma aprobada con nervaduras continuas longitudinales. El diámetro del cuerpo medido sobre un círculo a través de los puntos de las nervaduras deberá ser dos milímetros (2.0 mm) mayor que el diámetro nominal especificado en los pernos.

A menos que se especifique diferente, los pernos nervados se deberán suministrar con cabezas redondas de acuerdo a la norma ANSI B18.5. Las tuercas deberán ser hexagonales, bien sea ahuecadas o con una arandela de espesor adecuado. Los pernos nervados harán un ajuste estrecho con los huecos. La dureza de las nervaduras deberá ser de tal manera, que éstas no se aplasten demasiado para permitir el giro de los pernos dentro de los huecos durante el apretado. Si el perno se tuerce por cualquier razón antes de ser apretado, el hueco se deberá ensanchar con cuidado y el perno deberá ser reemplazado por uno de mayor tamaño.

650.4.2.19 Conexiones con pernos de alta resistencia

650.4.2.19.1 Generalidades

Los pernos de alta resistencia, las tuercas y roldanas de los mismos, deberán estar de acuerdo al numeral 650.2.1.4. Las cabezas y las tuercas deberán ser hexagonales. Las roldanas circulares deberán ser planas y lisas y las roldanas biseladas, cuadradas o rectangulares. Las medidas de los pernos y tuercas deberán satisfacer los requisitos de ANSI B18.2 para pernos pesados hexagonales y tuercas pesadas semi-acabadas, hexagonales.

650.4.2.19.2 Piezas unidas con pernos y montaje

Las superficies de las piezas en contacto con la cabeza del perno y la tuerca, deberán tener una inclinación no mayor de 1 a 20, con respecto al plano perpendicular al eje del perno. Las partes se deberán ajustar sólidamente entre sí al ser montadas, y no se deberán separar con empaques u otro material compresible.

Las superficies de contacto de las juntas deberán estar libres de suciedad, aceite, pintura, laca, galvanizado, escamas de óxido sueltas, rebabas, picaduras y otros defectos que eviten el contacto íntimo de las partes.

Los pernos deberán ser instalados con una roldana endurecida debajo del elemento (tuerca o cabeza de perno) que dé vuelta al ser apretado. La roldana deberá ser lisa cuando la superficie de contacto de la pieza a unir con el perno o tuerca, tenga una inclinación no mayor de 1 a 20, en relación con el plano normal al eje del perno.

Cuando la cara exterior de la pieza en contacto tenga una inclinación mayor, se deberán usar roldanas biseladas para compensar la falta de paralelismo.

Los pernos pueden ser apretados con llaves de fuerza calibradas, llaves de impacto, llaves de torsión manuales u otro método aprobado, hasta alcanzar la tensión requerida en los planos o disposiciones especiales. La tensión mínima no debe ser menor que la tensión de prueba señalada en la Norma NSR-10, artículo F.2.10.3, según lo muestra la Tabla 650 - 5.

La tensión deberá ser comprobada por el Interventor, mediante llaves de torsión manuales calibradas. Las tuercas deberán ser colocadas del lado no visible de los miembros y los agujeros de los

pernos deberán estar de acuerdo a lo especificado en el numeral 650.4.2.3.

Tabla 650 – 5. Tensión mínima en pernos (kilonewtons)

DIMENSIÓN NORMAL DEL PERNO		TIPO DE PERNO	
Pulgadas	mm	Grupo A Pernos ASTM A 325, ASTM F 1852	Grupo B Pernos ASTM A 490, ASTM F 2280
1/2	12.7	53	67
5/8	15.9	84	107
3/4	19.1	125	156
7/8	22.2	173	218
1	25.4	227	285
1 1/8	28.6	349	356
1 1/4	31.8	316	454
1 3/8	34.9	378	538
1 1/2	38.1	458	658

Los pernos ASTM A 490 y los pernos galvanizados ASTM A 325 no se deben reutilizar. Solamente se pueden reutilizar los pernos ASTM A 325, si se tiene la aprobación del Interventor. La corrección o reajuste de pernos previamente apretados que se puedan haber aflojado por el ajuste de los pernos contiguos no debe ser considerado como reutilización, siempre y cuando el ajuste continúe desde la posición inicial y no requiera una rotación mayor que la indicada en la Tabla 650 - 6, incluyendo la tolerancia.

650.4.2.20 Soldadura

La soldadura se deberá hacer de acuerdo con las prácticas más modernas y cumpliendo los requisitos aplicables de AWS, D1.1, excepto cuando se disponga en otra forma en los planos o disposiciones especiales. Los planos deberán indicar claramente el sitio, tipo, tamaño y amplitud de todas las soldaduras distinguiéndose, además, claramente entre las de taller y las que se deben hacer en obra.

El Constructor, deberá someter a la aprobación del Interventor, con anterioridad al inicio del trabajo, los procedimientos propuestos para soldadura que llevará a cabo tanto en el taller como en la obra.

Tabla 650 – 6. Rotación de tuercas completamente apretadas (a) (b)

LONGITUD DEL PERNO (LADO INFERIOR DE LA CABEZA AL EXTREMO DEL PERNO)	DISPOSICIÓN CARAS EXTERNAS DE LAS PARTES PERNADAS		
	AMBAS CARAS NORMALES AL EJE DEL PERNO	UNA CARA NORMAL AL EJE DEL PERNO, LA OTRA INCLINADA 1:20 MÁXIMO (SIN ARANDELAS BISELADAS)	AMBAS CARAS INCLINADAS 1:20 MÁX. DE LA NORMAL AL EJE DEL PERNO (SIN ARANDELAS BISELADAS)
Hasta 4 días inclusive	1/3 de vuelta	1/2 de vuelta	2/3 de vuelta
De 4 a 8 días inclusive	1/2 de vuelta	2/3 de vuelta	5/6 de vuelta
De 8 a 12 días inclusive (c)	2/3 de vuelta	5/6 de vuelta	1 vuelta

Notas:

(a) Rotación de la tuerca relativa al perno, sin tener en cuenta el elemento (tuerca o perno) que gira. Tolerancia de rotación: hasta 1/2 pulgada o menos, más o menos 30 grados; 2/3 de vuelta o más, más o menos 45 grados.

(b) Aplicable sólo a conexiones en que todo el material del agarre es acero.

(c) No se ha establecido un procedimiento de vuelta de tuerca para los pernos con longitudes mayores de 12 diámetros. Por consiguiente, la rotación se determinará por pruebas reales en dispositivos adecuados para medir la tensión.

Todos los equipos de soldadura así como los operadores de los mismos deben ser precalificados previamente por una organización aprobada por el Instituto Nacional de Vías y de acuerdo con los procedimientos de AWS D1.1. Sin embargo, cuando una empresa fabricante de reconocida capacidad y experiencia precalifica sus equipos de soldar y a los operarios de los mismos, de acuerdo con las normas AWS D1.1, citadas, y presente la certificación correspondiente donde conste que el equipo de soldar y los operarios han sido calificados dentro de los doce (12) meses anteriores a la iniciación del trabajo en la estructura de que se trate, y que ha estado llevando a cabo soldaduras satisfactorias del tipo exigido, en el período de tres (3) meses anteriores al trabajo requerido, el Interventor podrá considerar idóneos tales equipos y operarios.

Cuando la empresa fabricante o el Constructor no han tenido las facilidades para precalificar sus equipos y operarios, éstos podrán ser precalificados de acuerdo a AWS D1.1, citadas, por una organización aprobada.

No obstante lo anterior, el Interventor podrá ordenar el examen de los equipos que, a su juicio, no sean satisfactorios o de los operarios cuya habilidad o experiencia sea dudosa.

Las soldaduras no se deberán hacer cuando las superficies estén mojadas o expuestas a la lluvia, viento fuerte o cuando los soldadores estén expuestos a condiciones inclementes del tiempo.

Las soldaduras no se deben exceder de las especificadas en los planos, ni deben ser cambiadas sus localizaciones sin la aprobación expresa del Interventor.

650.4.2.21 Pintura de taller

650.4.2.21.1 Preparación de la superficie

Las superficies de metal a ser pintadas, incluyendo las galvanizadas, se deberán limpiar perfectamente, quitando el polvo, óxido, las escamas sueltas de laminado, escamas de soldadura, suciedad, aceite o grasa y otras sustancias extrañas. A menos que la limpieza se efectúe por medio de chorro de arena, se debe neutralizar toda el área de soldadura con un agente químico apropiado y se debe lavar bien con agua, antes de principiar la limpieza.

Para evitar la oxidación de un área limpiada, previa a su pintura, aquella debe ser suficientemente pequeña. Si las superficies que ya se han limpiado se oxidan antes de aplicarles la pintura, el Constructor deberá limpiarlas de nuevo, sin cargo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

La primera mano de pintura se deberá aplicar a superficies completamente libres de oxidación.

La limpieza se deberá efectuar con abrasivos (chorro de arena o de limaduras de acero), vapor o disolventes, según se indique en los documentos del proyecto. Se utilizarán cepillos de alambre manuales o mecánicos, herramientas de raspado manual o papel de lija, para remover todo el polvo, herrumbre suelta y escamas de laminado o la pintura que no esté firmemente adherida a las superficies metálicas.

Todas las superficies galvanizadas que se han de pintar, se deberán limpiar primero mediante el lavado con un disolvente de espíritu mineral, para remover cualquier aceite, grasa o material extraño al recubrimiento galvanizado.

650.4.2.21.2 Aplicación de pintura de taller

La estructura de acero deberá ser pintada con dos (2) manos de pintura de taller, después de que haya sido aceptada, y antes de su envío.

Las superficies que no vayan a quedar en contacto entre sí, pero que sean inaccesibles después del montaje final, se deben pintar con tres (3) manos de pintura de taller. Las superficies que vayan a quedar en contacto entre sí en el campo, deben recibir una (1) mano de pintura en el taller, excepto los empalmes principales para cordones de armadura y los empalmes grandes de vigas armadas que involucren múltiples espesores de metal, en cuyo caso, la mano de pintura de taller dificultaría el montaje. Las superficies de contacto en el campo que no hayan sido pintadas con una (1) mano de pintura de taller, deben recibir una (1) mano de laca u otro recubrimiento protector aprobado.

No se deben pintar las superficies que vayan a estar en contacto con el concreto.

El acero estructural que vaya a ser soldado, no se debe pintar antes de que la soldadura haya sido

completada. El acero que se vaya a soldar solamente en el taller y seguidamente se haya de unir con pernos en el campo, deberá recibir dos (2) manos de pintura después que se haya terminado la soldadura de taller. El acero que vaya a ser soldado en el campo, deberá recibir una (1) mano de aceite de linaza hervido o de otro recubrimiento protector aprobado, después que se haya completado la soldadura y montaje en el taller.

Se deberá dar una (1) mano de pintura a las piezas fundidas de hierro y acero, pulidas o acabadas.

Con excepción de las juntas a tope y láminas de base, las superficies acabadas a máquina deberán ser pintadas tan pronto como sea posible, después de haber sido aceptadas, con una mezcla caliente de albayalde y sebo, o con una (1) mano de otro protector debidamente aprobado, antes de retirarlas del taller.

Las marcas de montaje para identificación de los miembros en el campo y las marcas indicadoras del peso, se deben pintar sobre superficies previamente pintadas con la mano de pintura de taller. El material no se debe cargar para su envío, a menos que esté completamente seco y, en cualquier caso, en no menos de veinticuatro (24) horas después que la pintura haya sido aplicada.

650.4.2.21.3 Limitaciones

No se debe aplicar pintura cuando la temperatura del acero pase de treinta y ocho grados Celsius (38° C), cuando haya niebla, cuando esté lloviznando o lloviendo, o la humedad relativa del aire exceda de ochenta y cinco por ciento (85 %), o cuando la temperatura del aire sea inferior a cinco grados Celsius (5° C).

No se deberá aplicar pintura sobre superficies húmedas o sobre superficies tan calientes que

produzcan ampollas en la pintura o una película porosa de la misma.

Cuando la pintura se deba aplicar forzosamente en tiempo húmedo o frío, el acero se deberá pintar bajo techo o cubierta y se deberá mantener resguardado hasta que la pintura seque completamente o hasta que las condiciones del tiempo permitan su exposición al aire libre.

650.4.2.21.4 Aplicación de otros tipos de pintura

En caso de que los documentos del proyecto indiquen la aplicación de pinturas diferentes a las especificadas en el numeral 650.2.10.2, aquellos deberán indicar el procedimiento de aplicación en el taller y en el campo, así como sus limitaciones.

650.4.3 Embarque y almacenamiento de los elementos

650.4.3.1 Embarque

El Constructor deberá marcar cada elemento apropiadamente para facilitar el montaje y deberá suministrar al Interventor un diagrama de montaje, así como todas las copias que éste demande de órdenes de materiales, diagramas de montaje y relaciones de despachos que indiquen los pesos de los elementos individuales. Los elementos que pesen más de tres toneladas (3 t) deberán llevar los pesos marcados sobre ellos.

Los elementos estructurales se deberán cargar en camiones, de tal forma que puedan ser transportados y descargados en el sitio de destino sin que sufra esfuerzos excesivos, se deforme o se dañe de otra manera.

Los pernos de la misma longitud y diámetro, lo mismo que las tuercas o arandelas sueltas de cada tamaño, se deben empacar por separado. Los pasadores, partes pequeñas y paquetes de pernos, arandelas y tuercas se deben despachar en cajas, guacales o barriles, pero el peso bruto de cada paquete no debe exceder de ciento cincuenta kilogramos

(150 kg). Una lista y una descripción del material contenido se deben marcar claramente en el lado exterior de cada paquete de embarque.

650.4.3.2 Almacenamiento

El acero se debe almacenar sobre plataformas o sobre largueros por encima del suelo y se debe proteger, tanto como sea posible, de la exposición a condiciones que produzcan oxidación u otro deterioro superficial. Las vigas de alma llena y las vigas armadas, se deberán colocar con el alma vertical y deberán ser apuntaladas. Los miembros largos, tales como columnas y cordones, se deberán apoyar sobre largueros colocados lo suficientemente cerca para evitar daños por deflexión.

650.4.4 Montaje

650.4.4.1 Generalidades

Si la infraestructura y la superestructura se construyen bajo contratos diferentes, se deberán proporcionar al Constructor todas las obras de infraestructura de acuerdo a las elevaciones y alineamientos correctos y se deben establecer las elevaciones y alineamientos para la colocación del acero.

El Constructor deberá instalar la estructura metálica, retirar la construcción provisional y ejecutar todos los trabajos necesarios para la terminación de la obra. En caso de que esté estipulado, se deberán retirar las estructuras existentes, todo en concordancia con los planos y las especificaciones.

650.4.4.2 Diagrama de montaje

Si la fabricación y el montaje de la superestructura se realizan bajo contratos diferentes, el Interventor deberá suministrar los planos de detalle de la estructura que se ha de montar, incluyendo detalles de taller, diagramas de arqueo, diagramas de montaje, lista de los pernos de campo, y copia de la relación de despachos que muestre la lista de las partes, con sus pesos respectivos.

Si las dos actividades se ejecutan en el mismo contrato, el Constructor deberá proporcionar diagramas de montaje preparados por el fabricante, en los cuales se deberán indicar el método y el procedimiento de montaje por emplear, los cuales deberán ser compatibles con los detalles de fabricación.

650.4.4.3 Obra falsa

La obra falsa o construcción provisional necesaria para el montaje de la estructura de metal, deberá ser diseñada, sólidamente construida, y mantenida en forma adecuada para que resista las cargas a que será sometida.

Si se requiere, el Constructor deberá proponer y someter para la aprobación del Interventor, planos de la obra falsa y de los cambios necesarios para mantener el tránsito en estructuras existentes. La aprobación de los planos del Constructor no lo exonera de cualquier responsabilidad.

650.4.4.4 Métodos de trabajo

Con anterioridad al inicio de los trabajos de montaje, el Constructor deberá informar al Interventor sobre el método de montaje que se propone seguir, como también la cantidad y características del equipo que se propone utilizar, el cual está sujeto a la aprobación de éste. La aprobación del Interventor no exonera al Constructor de la responsabilidad por la seguridad de su método o equipo y de la ejecución de los trabajos en total concordancia con los planos y las especificaciones. No se deberá ejecutar ningún trabajo sin antes haber obtenido la aprobación del Interventor.

650.4.4.5 Apoyos y anclajes

650.4.4.5.1 Preparación de las áreas de soporte

El Constructor de la infraestructura deberá terminar las áreas de apoyo para las zapatas de la armadura de acero, de acuerdo con los planos y niveles requeridos. Las zapatas y láminas de soporte no deben ser colocadas sobre superficies

indebidamente acabadas, deformadas o irregulares. El Constructor de la superestructura deberá verificar la localización, elevaciones y acabado de las áreas de soporte y notificar al Interventor sobre cualquier variación de los requisitos de los planos.

Los apoyos para puentes no se deberán colocar sobre superficies que presenten irregularidades o estén terminadas incorrectamente.

650.4.4.5.2 Métodos de colocación de las zapatas y láminas de soporte

El Constructor de la superestructura deberá colocar las zapatas niveladas en su posición exacta sobre las áreas de apoyo.

Las zapatas y láminas de soporte, pueden ser colocadas sobre capas de lona de algodón y minio rojo; láminas de plomo; almohadillas preformadas de caucho y fibra de algodón; o almohadillas elastoméricas de soporte de las calidades indicadas en el numeral 650.2.9, o bien sobre una capa de mortero de cemento Portland, según los detalles de los planos o las disposiciones especiales. En caso de usar mortero de cemento, se debe cuidar de no colocar ninguna carga sobre las zapatas hasta que el mortero haya endurecido por lo menos durante noventa y seis (96) horas, debiendo conservarse humedecido el mismo durante ese período.

650.4.4.5.3 Pernos de anclaje

La ubicación de los pernos de anclaje en relación con los agujeros de las zapatas o láminas de soporte deberá ser la que corresponda a la temperatura al efectuar el montaje. Las tuercas en los pernos de anclaje de los apoyos móviles de puentes se deberán ajustar para permitir el libre movimiento de la estructura.

Si la infraestructura y la superestructura van a ser construidas bajo contratos separados, los pernos de anclaje deben ser colocados por el Constructor de la infraestructura y será responsabilidad del Constructor de la superestructura proporcionar al primero los pernos de anclaje y los planos correctos para su colocación.

650.4.4.5.4 Láminas de soporte o de expansión de bronce o de aleación de cobre

Cuando se empleen láminas de soporte o de expansión de bronce o de aleación de cobre, de la calidad especificada en el numeral 650.2.9.3, las superficies de deslizamiento del acero en contacto con las láminas de soporte o de expansión, deberán ser recubiertas con un lubricante del tipo recomendado por el fabricante de las láminas.

650.4.4.5.5 Balancines y soportes colgantes

A menos que se indique en otra forma en los planos o disposiciones especiales, los soportes especiales, como los balancines y los soportes colgantes para tramos suspendidos, deberán ser colocados a plomo, y los dispositivos de expansión ajustados a la temperatura durante el montaje y tomando en cuenta el cambio de longitud de la estructura debido a la deflexión por carga muerta.

650.4.4.6 Enderezamiento de material doblado y contraflecha

650.4.4.6.1 Enderezamiento de material doblado

El enderezamiento de platinas, ángulos, otros perfiles y elementos armados, cuando lo autorice el Interventor, se deberá llevar a cabo por métodos que no produzcan roturas u otros tipos de averías. Los elementos torcidos se deben enderezar por medios mecánicos, con la aprobación del Interventor, por procedimientos planeados cuidadosamente y aplicación supervisada de una

cantidad limitada de calor. Los elementos de acero de calidad NTC 4012 (ASTM A 852), solamente se pueden enderezar al calor, mediante procedimientos rígidamente controlados y cada aplicación de calor está sujeta a la aprobación del Interventor. En ningún caso, la temperatura máxima del acero NTC 4014 (ASTM A 514) deberá exceder de quinientos ochenta o seiscientos diez grados Celsius (580° C o 610° C) respectivamente, ni exceder de cuatrocientos ochenta o quinientos diez grados Celsius (480° C o 510° C), respectivamente, en el metal de aporte o dentro de quince centímetros (15 cm) de éste. El calor no se puede aplicar directamente sobre el metal de aporte. En todos los demás aceros, la temperatura del área calentada no deberá exceder de seiscientos cincuenta grados Celsius (650° C) (un rojo apagado) según se puede controlar con tizas indicadoras de temperatura, líquidos o termómetros bimetales.

Las paredes que se han de enderezar al calor deberán estar sustancialmente libres de esfuerzos y de fuerzas externas, salvo los esfuerzos resultantes de los medios mecánicos utilizados conjuntamente con la aplicación de calor.

Luego del enderezado de una curva o bomba, se deberá inspeccionar cuidadosamente la superficie del metal, para detectar cualquier tipo de rotura.

650.4.4.6.2 Contraflecha

La corrección de errores en el bombeo en vigas y viguetas de material NTC 4014 (ASTM A 514) se deberá hacer solamente bajo procedimientos rígidamente controlados.

650.4.4.7 Ensamblaje

Las partes se deberán ensamblar con exactitud, siguiendo las indicaciones de los planos y las contramarcas de montaje. El material se debe manejar con cuidado, con el fin de evitar

que alguna de las partes sufra dobleces, rupturas y averías. Se debe evitar el martilleo que cause daños o torceduras a los elementos. Antes del ensamble de los elementos, se deberán limpiar las superficies de apoyo y aquellas que estén en contacto permanente.

650.4.4.8 Conexiones con pasadores

El clavado de pasadores se deberá llevar a cabo con la utilización de tuercas guías y tuercas de golpeo suministradas por el Constructor sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías. Los pasadores se deberán clavar en forma tal, que los elementos tengan contacto completo sobre ellos. Las tuercas de los pasadores se deberán atornillar con fuerza y las roscas se deberán escariar con una herramienta en el lado de la tuerca.

650.4.4.9 Pintura de campo

Cuando el trabajo de montaje en el campo haya terminado, incluyendo todo el empernado, soldado y el enderezado del metal doblado, se deberá eliminar todo el óxido, escamas, suciedad, grasa y otro material extraño adherido, según se especifica en el numeral 650.4.2.21.1, antes de la aplicación de cualquier pintura.

Se deberá aplicar una (1) mano de retoque a todos los pernos y soldaduras de campo, inspeccionados y aprobados y a cualesquiera superficies cuya pintura de taller se haya gastado o deteriorado.

Cuando la mano de retoque de campo haya secado completamente y la limpieza de campo se haya terminado satisfactoriamente, se deberán aplicar las manos de campo que sean requeridas en los planos o las disposiciones especiales, pero no menos de dos (2).

En ningún caso, se deberá aplicar una (1) mano de pintura hasta que la mano anterior haya secado completamente en todo el espesor de la película de pintura. Todos los intersticios y cavidades pequeñas que no fueron selladas a prueba de agua al aplicar la primera mano de campo, se

deberán llenar con una mezcla pastosa de albayalde rojo y aceite de linaza, antes de aplicar la segunda mano.

Aquellas superficies que sean inaccesibles después del montaje, se deberán pintar previamente con dos (2) manos de campo.

La aplicación de la segunda mano de campo se debe posponer hasta que se haya colocado y acabado el trabajo del concreto adyacente. Si las operaciones del concreto han dañado la pintura, la superficie afectada se deberá limpiar y pintar de nuevo.

Si el tránsito produce una cantidad dañina de polvo, el Constructor deberá, antes de aplicar la pintura y sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, reprimir el polvo a una distancia prudencial y tomar precauciones necesarias para evitar que éste y la suciedad entren en contacto con las superficies pintadas.

Las limitaciones climatológicas indicadas para la pintura en taller, rigen igualmente para la pintura de campo.

650.4.4.10 Ajustes de defectos

La corrección de defectos menores que comprenden pequeñas cantidades de rimado, cortado y virutas, se considera como parte normal del montaje. Sin embargo, cualquier error en la fabricación de taller o deformación resultante del manejo y transporte, que impida el ensamble correcto y el encaje de las partes por el uso moderado de pasadores de montaje o por una cantidad apreciable de rimado y cortado o cincelado, se debe reportar inmediatamente al Interventor y obtener la aprobación del método de corrección, la cual se debe realizar en presencia de éste. Si se trata de un contrato de montaje únicamente, el Interventor, con la cooperación del Constructor, deberá mantener un registro completo de los materiales y la mano de obra utilizados.

650.4.5 Remoción de la obra falsa y limpieza

Al terminar el montaje y antes de su aceptación final, el Constructor deberá retirar toda obra falsa, materiales excavados y no utilizados, desechos, basura y construcciones temporales, restaurando en forma aceptable toda la propiedad, tanto pública como privada, que pudiera haber sido afectada durante la ejecución de este trabajo y dejará el lugar de la estructura y el área adyacente, limpios y presentables.

650.4.6 Manejo ambiental

Todas las actividades relacionadas con la fabricación, el embarque, el almacenamiento y el montaje de las estructuras de acero, así como la remoción de la obra falsa y la limpieza, se deberán ejecutar de conformidad con la legislación ambiental vigente.

650.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

650.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar que los materiales empleados cumplan los requisitos de calidad especificados.
- Verificar el estado y el funcionamiento del equipo de construcción.
- Vigilar que los trabajos se realicen de acuerdo con los planos del proyecto, las disposiciones especiales y esta especificación.
- Verificar que las conexiones con pernos tengan la tensión apropiada.

El Interventor revisará y aprobará, cuando corresponda, los diseños, planos y diagramas necesarios para la ejecución de los trabajos; así mismo, evaluará los métodos de trabajo propuestos por el Constructor y los aprobará cuando los considere adecuados; también, exigirá las certificaciones requeridas para el equipo de soldadura y sus operarios.

El Interventor medirá, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas satisfactoriamente por el Constructor.

650.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**650.5.2.1 Recibo de materiales**

Siempre que lo considere conveniente, el Interventor exigirá al Constructor los informes de análisis químicos y pruebas físicas efectuadas por el fabricante, que determinen la calidad del acero empleado. Si no los suministra, el Interventor, ordenará la ejecución de las pruebas pertinentes, a expensas del Constructor. Todo material que no cumpla las exigencias de la respectiva especificación, será rechazado.

650.5.2.2 Identificación

El Interventor se abstendrá de autorizar la fabricación de la estructura, si las piezas no están debidamente identificadas como se indica en el numeral 650.4.1.2.

650.5.2.3 Perforaciones

Sólo se aceptará acero en el cual las perforaciones efectuadas a las piezas, se encuentren dentro de las tolerancias mencionadas en el numeral 650.4.2.3.

650.5.2.4 Fabricación y montaje

El Interventor sólo aceptará la obra ejecutada de acuerdo con los diseños y diagramas de montaje, empleando los materiales adecuados y cumpliendo los requisitos y tolerancias establecidos en los diferentes apartes del numeral 650.4.

Todo material u obra ejecutada, cuya calidad y características no se ajusten a los planos, las disposiciones especiales, esta especificación y las instrucciones del Interventor, deberán ser corregidos por el Constructor, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías, empleando procedimientos aprobados por el Interventor, de manera que el trabajo corregido sea de la entera satisfacción del Interventor.

650.6 MEDIDA

La unidad de medida del acero estructural será el kilogramo (kg), aproximado al entero, de acero incorporado en la estructura, de acuerdo con los planos, las especificaciones y las instrucciones del Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

La medida incluye el acero estructural, apoyos especiales y demás materiales complementarios requeridos en los planos y disposiciones especiales, satisfactoriamente suministrados y montados, incorporados permanentemente en la estructura objeto del trabajo.

Los tipos de miembros de acero y otros materiales estructurales que se midan, deberán estar de acuerdo con la clasificación señalada en los planos o en las disposiciones especiales. Los pernos de anclaje se deberán incluir para el pago, aún cuando los mismos no sean instalados por el Constructor de la superestructura.

No se debe hacer medida por separado de los pasadores y pernos de montaje; pintura de taller y de campo; galvanizado; cajas, jaulas y otros empaques usados para embarques; obra falsa; soleras, puntales y varillas empleadas para sostener las piezas durante su transporte y montaje; y demás materiales requeridos para completar satisfactoriamente el trabajo de acuerdo con los planos, las especificaciones y las instrucciones del Interventor.

Tampoco habrá medida separada de almohadillas elastoméricas o preformadas, excepto si ellas están consideradas en otra partida de pago.

650.6.1 Masa de los metales

Se deberá calcular con base en las siguientes masas unitarias, en kilogramos por metro cúbico (kg/m³).

– Aluminio fundido o forjado	2770
– Bronce fundido	8580
– Aleación de cobre	8580
– Cobre en láminas	8930
– Hierro fundido	7120

– Hierro maleable	7520
– Hierro forjado	7790
– Plomo en láminas	11310
– Acero, laminado, fundido, cobrizo, al silicio, al níquel e inoxidable, todos los grados	7840
– Zinc	7200

650.6.2 Perfiles, láminas, barras y tuberías de acero

Como una excepción de lo estipulado anteriormente, las masas de los perfiles estructurales y otras piezas laminadas a rodillo, barras y láminas, así como la tubería de acero, se deberán calcular con base en los pesos nominales indicados en los manuales, usando las medidas mostradas en los planos aprobados de fabricación. A menos que se indique en otra forma en dichos planos, se deberán deducir todos los recortes, cortes y agujeros abiertos, con excepción de los agujeros para pernos.

No se permiten tolerancias para excesos de peso ni para capas protectoras. La masa de todas las cuñas mostradas en los planos aprobados de fabricación, será incluida en la cantidad de acero estructural que se deba pagar.

650.6.3 Masa de las cabezas de pernos, tuercas, roldanas y puntas roscadas salientes de pernos

La masa de las cabezas de pernos, tuercas, roldanas y puntas roscadas salientes de pernos, se deberán calcular con base en los valores indicados en la Tabla 650 - 7.

650.6.4 Soldaduras

La masa se deberá calcular con base en el volumen teórico de las medidas de las soldaduras, añadiéndole un cincuenta por ciento (50 %) como compensación por excedentes.

650.6.5 Piezas fundidas

La masa de las piezas fundidas se deberá calcular con base en las medidas mostradas en los planos, descontando los agujeros, y añadiéndole un

cinco por ciento (5 %) como compensación por biseles y excedentes. Pueden ser sustituidas las masas calculadas por los pesos de la báscula en el caso de partes fundidas pequeñas y complejas, sobre las cuales resultarían difíciles los cálculos de masas exactas.

Tabla 650 – 7. Masa de las cabezas de pernos, tuercas, roldanas y puntas roscadas salientes de pernos

DIÁMETRO DEL PERNO		MASAS POR 100 PERNOS (KILOGRAMOS)
PULGADAS	CENTÍMETROS	
1/2	1.27	8.94
5/8	1.59	14.38
3/4	1.90	23.77
7/8	2.22	36.47
1	2.54	52.93
1 1/8	2.86	74.89
1 1/4	3.17	96.16
1 3/8	3.49	127.00
1 1/2	3.81	154.22

650.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado de acuerdo con los planos y esta especificación y aceptado a satisfacción por el Interventor.

650.7.1 Diseño y fabricación de estructura metálica

El precio unitario para el diseño y la fabricación de la estructura metálica deberá cubrir todos los costos por concepto del diseño de la estructura; suministro de materia prima, cargues, transportes, descargues, almacenamiento, corte, ensayos, patentes, desperdicios, fabricación y montaje en el taller, pintura de taller, equipo y mano de obra necesarios para ejecutar correctamente el trabajo especificado de acuerdo con los planos, esta especificación y las instrucciones del Interventor. Además, deberá incluir la administración, los imprevistos y la utilidad del Constructor.

650.7.2 Fabricación de estructura metálica

El precio unitario por la fabricación de la estructura metálica incluye todos los conceptos mencionados en el numeral 650.7.1, excepto el valor del diseño de la estructura.

El precio unitario deberá incluir, también, la administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

650.7.3 Transporte de estructura metálica

El precio unitario para el transporte de la estructura metálica deberá cubrir todos los costos por concepto de trasladar la estructura, aceptada por el Interventor, del taller al sitio de instalación de la obra, y su almacenamiento de acuerdo con las indicaciones del Interventor.

El precio unitario deberá incluir, también, la administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

650.7.4 Montaje y pintura de estructura metálica

El precio unitario para el montaje y la pintura de la estructura metálica deberá cubrir todos los costos por concepto de elaboración de diagramas de montaje, materiales y construcción de la obra falsa; equipos, mano de obra, andamios, instalaciones temporales y cables aéreos; así como los costos por concepto de ensamblaje y erección de la estructura en el sitio de la obra; los ajustes de defectos; el suministro y transporte de la pintura de campo, la preparación de las superficies metálicas, la aplicación de las manos de pintura especificadas; la señalización temporal de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos, y en general, todo costo necesario para el correcto montaje y pintura de campo de la estructura de acero.

El precio unitario deberá incluir, también, la administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

650.8 ÍTEM DE PAGO

650.1	Diseño y fabricación de estructura metálica	Kilogramo (kg)
650.2	Fabricación de la estructura metálica	Kilogramo (kg)

650.3	Transporte de estructura metálica	Kilogramo (kg)
650.4	Montaje y pintura de estructura metálica	Kilogramo (kg)

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

TUBERÍA DE CONCRETO SIMPLE

ARTÍCULO 660 – 13

660.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, almacenamiento, manejo y colocación de tubería en concreto simple, con los diámetros, alineamientos, cotas y pendientes mostrados en los planos del proyecto u ordenados por el Interventor; comprende, además, el suministro de los materiales para las juntas de los tubos y la construcción de éstas, así como las conexiones a cabezales u obras existentes o nuevas y la remoción y disposición del material sobrante.

660.2 MATERIALES

660.2.1 Tubería

La tubería que suministre el Constructor deberá cumplir los requisitos de la norma NTC 1022. Los tubos deberán ser elaborados con una mezcla homogénea de concreto de calidad tal, que aquellos cumplan los requisitos de resistencia al aplastamiento, absorción y permeabilidad indicados en la Tabla 660 – 1 y determinados de acuerdo con las indicaciones de la norma NTC 3676.

En todo caso, el tamaño máximo nominal del agregado grueso no podrá exceder de 19.0 mm (3/4") y la mezcla no podrá contener menos de trescientos treinta kilogramos (330 kg) de cemento por metro cúbico (m³) de concreto. Así mismo, la relación agua/material cementante no debe exceder de 0.53 en masa.

Cada tubo deberá tener una longitud aproximada de entre ochenta y ciento veinte centímetros (0.80 m - 1.20 m) y sus extremos deberán estar diseñados de manera que permitan un encaje adecuado entre ellos, formando un conducto continuo con una superficie interior lisa y uniforme.

Adicionalmente los tubos deberán cumplir los requisitos de permeabilidad especificados en la Norma NTC 3676.

Tabla 660 – 1. Requisitos físicos para tuberías de concreto simple

DIÁMETRO NOMINAL INTERNO (mm)	CLASE I		CLASE II		CLASE III		ABSORCIÓN MÁXIMA (%)	
	ESPESOR MÍNIMO DE PARED (mm)	RESISTENCIA MÍNIMA 3 APOYOS (kN)	ESPESOR MÍNIMO DE PARED (mm)	RESISTENCIA MÍNIMA 3 APOYOS (kN)	ESPESOR MÍNIMO DE PARED (mm)	RESISTENCIA MÍNIMA 3 APOYOS (kN)	MÉTODO	
							A	B
450	38	32.0	50	44.0	57	48.0	9.0	8.5
500	42	33.0	55	47.0	65	53.5		
600	54	38.0	72	52.5	85	64.0		

Nota: Para diámetros internos superiores a seiscientos milímetros (600 mm) se deberá utilizar tubería de concreto reforzado.

660.2.2 Material para solado, atraque y relleno de la zanja

Los materiales para el solado, atraque y relleno de la zanja serán los indicados en los documentos del proyecto. Los suelos, materiales de recebo, materiales granulares tipo SBG y BG, gravilla y arena que se utilicen deberán cumplir con lo indicado en el Artículo 610, numeral 610.2, sub-numerales 610.2.1, 610.2.2, 610.2.3, 610.2.5 y 610.2.6, respectivamente.

El tamaño máximo del material para solado y atraque de los tubos no será mayor que 25 mm (1") y el material para rellenos alrededor del tubo no será mayor que 75 mm (3"). El tamaño máximo del material no será mayor que la mitad del espesor de la capa compactada.

Si los documentos del proyecto indican que el solado y/o el atraque para la tubería se ejecuten en concreto simple, éste se elaborará según lo especificado en el Artículo 630, "Concreto Estructural"; la resistencia mínima a la compresión, si los documentos del contrato no indican otra cosa, será de 14 MPa a 28 días, medida según la norma de ensayo INV E-410.

660.2.3 Sello para juntas

Las juntas para las uniones de los tubos se sellarán con empaques flexibles que cumplan la especificación AASHTO M-198 y/o NTC 1328, con mortero o con lechada de cemento. Si se emplea mortero, éste deberá ser una mezcla volumétrica de una (1) parte de cemento hidráulico y tres (3) de arena aprobada, con el agua necesaria para obtener una mezcla seca pero trabajable.

660.3 EQUIPO

Se requieren, principalmente, elementos para la producción de agregados pétreos y fabricación y curado de la mezcla de concreto, conforme se indica en el numeral 630.3 del Artículo 630; moldes para la fabricación de los tubos y equipos para su transporte y colocación en el sitio de las obras.

660.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

660.4.1 Preparación de las condiciones de instalación de la tubería

660.4.1.1 Aspectos generales

Los documentos del proyecto deben indicar la condición de la instalación de la tubería, que puede ser una de las siguientes:

- Tubería en zanja
- Tubería en zanja inducida
- Tubería en terraplén

La secuencia de ejecución de la instalación que implemente el Constructor debe garantizar que se cumplen las condiciones de diseño. Si el cumplimiento de estas condiciones no es razonablemente posible a juicio del Interventor, se notificará al Instituto Nacional de Vías de la necesidad de ajustar el diseño de la instalación.

Cuando una corriente de agua impida la ejecución de los trabajos, el Constructor deberá desviarla hasta cuando se pueda conducir a través de la tubería.

Se deberán implementar medidas para prevenir la migración de finos cuando los niveles de agua o las condiciones existentes pueden propiciar su ocurrencia, con el fin de evitar la pérdida de soporte de la tubería.

660.4.1.2 Excavación de la zanja

La longitud de zanja por delante de la instalación de la tubería deberá ser la mínima posible.

Se deberán respetar la profundidad, el ancho y la inclinación de las caras de la excavación mostradas en los planos; ésta deberá tener en lo posible caras verticales. El ancho de la excavación debe permitir la adecuada colocación y compactación de los materiales de rellenos laterales de la tubería.

El fondo de la zanja deberá ser excavado a una profundidad de no menos de quince centímetros (15 cm) debajo de las cotas especificadas del fondo de la tubería. Dicha excavación se realizará conforme se indica en el Artículo 600, "Excavaciones Varias", previo el desmonte y limpieza requeridos; si en el fondo de la excavación se encuentran piedras, éstas se deberán remover de manera que no queden a menos de 15 cm de la tubería.

No se debe colocar el material de excavación cerca al borde de la zanja.

660.4.1.3 Entibado

El Constructor deberá implementar todas las medidas que se requieran para mantener la estabilidad de la excavación y garantizar la protección de los trabajadores, la obra en construcción y/o las construcciones vecinas existentes alrededor.

Independiente de las condiciones de estabilidad de la zanja, se deberán instalar entibados para zanjas que tengan más de 1.20 m de profundidad en la cual deban entrar trabajadores.

660.4.1.4 Terraplenes

Si la tubería se va a instalar sobre el terreno natural o sobre terraplenes, aquel se deberá limpiar, excavar, rellenar, conformar y compactar, de acuerdo con lo especificado en los Artículos 200, "Desmonte y Limpieza"; 600, "Excavaciones Varias"; y 220, "Terraplenes", de manera que la

superficie compactada quede quince centímetros (15 cm) debajo de las cotas proyectadas del fondo exterior de la tubería. El material utilizado en el relleno deberá clasificar como adecuado o seleccionado según la Tabla 220 - 1 del Artículo 220 y su compactación deberá ser, como mínimo, el noventa y cinco por ciento (95 %) de la densidad máxima obtenida en el ensayo modificado de compactación (norma de ensayo INV E-142). En caso de que se requiera, se efectuará la corrección previa por presencia de partículas gruesas, según establece la norma de ensayo INV E-143.

660.4.2 Colocación del material de solado para la tubería

Una vez preparada la superficie, se colocará el material indicado en los documentos del proyecto, de manera uniforme, a todo lo largo de la tubería, con el ancho y sección indicados en los planos, conforme lo que al respecto señala el Artículo 610.

El material de solado se deberá compactar hasta alcanzar grado de compactación establecido en Artículo 610, numeral 610.5.2.2.1, salvo que, en el caso de gravilla o arena, los documentos del proyecto indiquen que este material se deba colocar en estado suelto. El espesor de las capas para construir el solado será el adecuado para que, con los equipos contemplados en el proyecto, se alcance el grado de compactación especificado en todo el espesor del mismo.

Cuando la tubería tenga campanas expandidas, se deberán realizar excavaciones en el material de solado para garantizar que el cuerpo de la tubería queda adecuadamente apoyado.

Si el solado es en concreto, éste se colocará con un espesor no menor de quince centímetros (15 cm) y en un ancho equivalente al diámetro más exterior de la tubería mas 30 cm a cada lado, o según lo establecido en los planos del proyecto o lo acordado con el Interventor, empleando un concreto de las características descritas en el numeral 660.2.2 de esta especificación.

660.4.3 Colocación de la tubería

La tubería se instalará de acuerdo con los alineamientos y niveles indicados en los planos del proyecto, en forma ascendente, comenzando por el lado de salida y con los extremos acampanados o de ranura dirigidos hacia el cabezal o caja de entrada de la obra.

No se permitirá hacer ajustes en los niveles de la tubería mediante operaciones como ejercer fuerza sobre los tubos, levantar y dejar caer la tubería o levantar la tubería e insertar material de solado debajo de la misma. Si una sección de tubería no se ajusta a las cotas del proyecto, se deberá desempatar la tubería, remover la sección, corregir el atraque según las cotas del proyecto y reinstalar la tubería.

En el caso de atraque en concreto, la tubería se deberá instalar mientras el concreto del solado esté fresco.

En las instalaciones múltiples de tubería, la línea central de cada una deberá ser paralela a las demás. Si los planos no indican otra cosa, la distancia libre entre dos (2) líneas de tubería deberá ser igual a medio ($1/2$) diámetro, pero no inferior a seiscientos milímetros (600 mm).

660.4.4 Juntas

Las juntas de los tubos deben estar diseñadas y los extremos de los tubos conformados de tal manera que éstos se puedan unir ofreciendo un conducto continuo e impermeable.

Las juntas deberán ejecutarse con los materiales y los requisitos establecidos por el fabricante de las tuberías. Se podrán aceptar juntas con empaque de caucho que brinden total estanqueidad a las tuberías.

También, se aceptan juntas con mortero o lechada para lo cual deberán ser humedecidas completamente antes de hacer la unión con mortero. Previamente a la colocación del tubo siguiente, las mitades inferiores de las campanas o ranuras de cada tubo, deberán ser llenadas con mortero de suficiente espesor para permitir que la superficie interior de los tubos quede a un mismo nivel. Después de colocar el tubo, el resto de la junta se llenará con el mortero, usando una cantidad suficiente para formar un anillo exterior alrededor de la junta. El interior de la junta deberá ser limpiado y alisado.

Después del fraguado inicial, el mortero de los anillos exteriores deberá ser protegido contra el aire y el sol con una cubierta de tierra saturada o una arpillera húmeda.

El mortero para las juntas de la tubería deberá estar constituido por una (1) parte de cemento hidráulico y tres (3) partes de arena para concreto,

medidas por volumen en estado seco, con el agua necesaria para obtener una mezcla seca pero trabajable.

Alternativamente, se podrá emplear una lechada espesa de cemento hidráulico.

Para las juntas con lechada de cemento, se deberán emplear moldes u otros medios aprobados por el Interventor, para retener la lechada vertida o bombeada. El interior de la junta deberá ser limpiado y alisado.

660.4.5 Atraque

El atraque se construirá con el material indicado en los documentos del proyecto, de manera uniforme, a todo lo largo de la tubería, con el ancho y sección indicados en los planos, conforme lo que al respecto señala el Artículo 610.

El material de atraque se deberá compactar hasta alcanzar grado de compactación establecido en Artículo 610, numeral 610.5.2.2.1. El espesor de las capas para construir el atraque será el adecuado para que, con los equipos contemplados en el proyecto, se alcance el grado de compactación especificado en todo el espesor del mismo; el avance del relleno de atraque deberá ser parejo a ambos lados del tubo para evitar el desplazamiento del mismo.

En el caso de atraque en concreto, tan pronto se hayan asentado los tubos en el solado de concreto, y una vez endurecido el mortero o la lechada de las juntas, se atracarán a los lados, con una mezcla igual a la utilizada en el solado, hasta una altura no menor de un cuarto ($1/4$) del diámetro exterior del tubo o la que muestren los planos. El tubo deberá asegurarse y lastrarse para prevenir desplazamientos durante la colocación del concreto.

660.4.6 Rellenos

Una vez terminado de construir el atraque y, en el caso de atraque en concreto, cuando éste haya curado suficientemente, se efectuará el relleno de la zanja conforme lo que al respecto señala el Artículo 610, utilizando en material indicado en los documentos del proyecto.

El material de relleno se deberá compactar hasta alcanzar grado de compactación establecido en Artículo 610, numeral 610.5.2.2.1. El

espesor de las capas para construir el relleno será el adecuado para que, con los equipos contemplados en el proyecto, se alcance el grado de compactación especificado en todo el espesor del mismo; el avance del relleno deberá ser parejo a ambos lados del tubo para evitar el desplazamiento del mismo.

Los rellenos deben tener como mínimo 60 centímetros de altura, medida desde la cota clave del tubo hasta el nivel del terreno natural o el nivel de la subrasante del pavimento.

660.4.7 Limpieza

Terminados los trabajos, el Constructor deberá limpiar la zona de las obras y retirar los materiales sobrantes, transportarlos y disponerlos en sitios aceptados por el Interventor y de acuerdo con procedimientos aprobados por éste.

660.4.8 Manejo ambiental

Todas las labores y trabajos que se lleven a cabo se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

660.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

660.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado de funcionamiento de equipo de construcción;
- Comprobar que los tubos y demás materiales y mezclas por utilizar cumplan los requisitos de la presente especificación;
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aprobado;
- Verificar que el alineamiento y la pendiente de la tubería estén de acuerdo con los requerimientos de los planos.

El Interventor medirá, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas satisfactoriamente por el Constructor.

660.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

660.5.2.1 Calidad de la tubería

Los tubos de concreto simple deben cumplir los criterios de aceptación establecidos en la norma NTC-1022.

El Interventor se abstendrá de autorizar el empleo de tubos que presenten:

- Fracturas o grietas que atraviesen la pared, excepto una grieta en el extremo que no exceda el espesor de la junta.
- Defectos que indiquen dosificación, mezcla o moldeo inadecuados.
- Defectos superficiales tales como hormigueros y textura abierta.
- Extremos dañados que impidan la construcción de juntas aceptables.
- Planos de los extremos de los tubos que no sean perpendiculares al eje longitudinal. Sin embargo se deben respetar las variaciones especificadas en la Tabla 660 - 2.

Los tubos pueden ser sometidos a reparaciones, en caso de que sea necesario, debido a imperfecciones originadas en el proceso de fabricación o a defectos originados durante la manipulación. En tal caso los tubos serán aceptables si, a criterio del Interventor, el tubo reparado satisface los requisitos de esta especificación.

El Constructor deberá suministrar al Interventor, sin costo para el Instituto Nacional de Vías, muestras para ensayo hasta el medio por ciento (0.5 %) del número de tubos de cada diámetro incluidos en la obra, sin que en ningún caso

sean menos de dos (2) ejemplares. Los tubos se deberán encontrar sanos y tener la longitud completa.

El ensayo de resistencia al aplastamiento se efectuará sobre por lo menos el setenta y cinco por ciento (75 %) de los tubos recibidos para ensayo. La tubería se considerará satisfactoria, si todos los tubos de prueba igualan o exceden la resistencia mencionada en la Tabla 660 - 1. Si uno o más tubos no cumplen este requisito, el Constructor deberá suministrar, a su costa, dos tubos por cada tubo no satisfactorio y el embarque sólo será aceptado cuando todos los tubos adicionales cumplan el requisito de resistencia.

De cada tubo satisfactorio, se tomará una muestra para el ensayo de absorción, la cual deberá tener un área entre setenta y siete y ciento veintinueve centímetros cuadrados (77 cm^2 - 129 cm^2), un espesor igual al de la pared del tubo y estar exenta de astillamientos o grietas visibles. El embarque sólo se considerará satisfactorio si todas las muestras ensayadas cumplen el requisito de absorción.

660.5.2.2 Tolerancias en las dimensiones de los tubos

Se permitirán, como máximo, las variaciones establecidas en la Tabla 660 - 2. El Interventor rechazará los tubos de concreto simple cuyas dimensiones excedan las tolerancias mencionadas en dicha tabla.

Tabla 660 -2. Tolerancias permitidas en las dimensiones de los tubos de concreto simple

DIÁMETRO NOMINAL INTERNO (mm)	VARIACION (+ o -) PERMITIDA EN DIÁMETRO NOMINAL INTERNO (mm)	DISMINUCION PERMITIDA EN ESPESOR DE PARED (mm) (Nota 1)	DISMINUCION PERMITIDA EN LONGITUD DEL TUBO (mm) (Nota 2)	VARIACIÓN PERMITIDA EN LA LONGITUD DE DOS LADOS OPUESTOS DEL TUBO	PERDIDA DE RECTITUD
450	7	3	13	El mayor valor entre 6 mm o 2 % del diámetro nominal	Hasta 10 mm por metro de longitud
500	8				
600	10				

Nota 1: Respecto de los valores de la Tabla 660 - 1 o el establecido por el fabricante en caso de que sea mayor que el mostrado en la Tabla 660-1

Nota 2: Respecto de la longitud especificada por el fabricante

660.5.2.1 Materiales para solado, atraque y relleno

En relación con la calidad y compactación de los materiales para solado, atraque y relleno diferentes al concreto, se aplicarán los criterios expuestos en los numerales 600.5.2.1 y 610.5.2.2.1 del Artículo 610.

660.5.2.2 Concreto para solado y atraque

En relación con la calidad de los materiales para la mezcla, se aplicarán los criterios expuestos en los numerales 630.5.2.1, 630.5.2.2, 630.5.2.3 y 630.5.4 del Artículo 630, “Concreto estructural”.

En relación con la calidad de la mezcla elaborada, se aplicará lo descrito en el numeral 630.5.2.5 del mismo Artículo. Por lo tanto, si la resistencia de los cilindros tomados en la obra no es satisfactoria, el Interventor rechazará el volumen del concreto correspondiente y el Constructor deberá demoler la obra ejecutada, remover los escombros, cargarlos, transportarlos y depositarlos en sitios aprobados y mediante procedimientos satisfactorios para el Interventor y reconstruirá el área afectada con una mezcla satisfactoria, operaciones que deberá realizar sin costo adicional alguno para el Instituto Nacional de Vías.

El Interventor no autorizará la colocación del concreto para solado si la superficie de apoyo no se encuentra correctamente preparada.

660.5.2.3 Calidad del producto terminado

La tubería será objeto de rechazo si en tramos rectos presenta variaciones de alineamiento de más de diez milímetros por metro de longitud (10 mm/m).

El Interventor tampoco aceptará los trabajos si, a su juicio, las juntas están deficientemente elaboradas.

Todos los materiales defectuosos y los desperfectos en los trabajos ejecutados deberán ser reemplazados y subsanados por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto

Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

660.6 MEDIDA

La unidad de medida de la tubería será el metro lineal (m), aproximado al decímetro, de tubería de concreto simple suministrada y colocada de acuerdo con los planos, esta especificación y las indicaciones del Interventor, a plena satisfacción de éste. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

La medida se hará entre las caras exteriores de los extremos de la tubería o los cabezales, según el caso, a lo largo del eje longitudinal y siguiendo la pendiente de la tubería. No se medirá, para efectos de pago, ninguna longitud de tubería colocada fuera de los límites autorizados por el Interventor.

660.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al precio unitario del Contrato, según el diámetro de la tubería, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir todos los costos por concepto de suministro en el lugar de los tubos y su instalación; el suministro de los demás materiales y mezclas requeridos para las juntas y conexiones; la ejecución de las juntas; las conexiones a cabezales, cajas de entrada y aletas; el suministro e instalación de los entibados que puedan requerirse; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de las obras; la limpieza de la zona de los trabajos; el transporte, la disposición de los materiales sobrantes y, en general, todos los costos relacionados con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

Se exceptúan los costos de desmonte y limpieza, los cuales se cubrirán con cargo al Artículo 200; los de excavación, los cuales se deberán considerar en el Artículo 600, los de rellenos de solado, atraque y relleno de zanja, que se cubrirán con cargo a los Artículos 610 o 630, según aplique; y los de la construcción de cabezales, cajas de entrada y aletas, los cuales quedarán cubiertos por los Artículos 630 y 640..

660.8 ÍTEM DE PAGO

660.1 Tubería de concreto simple clase ____ de ____ Metro lineal (m)
mm de diámetro interior

Nota: se deberá elaborar un ítem de pago para cada clase de tubería de concreto simple y cada diámetro que tengan las tuberías consideradas en el proyecto.

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente
NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO

ARTÍCULO 661 – 13

661.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, almacenamiento, manejo y colocación de tubería de concreto reforzado, con los diámetros, armaduras, alineamientos, cotas y pendientes mostrados en los planos del proyecto o acordados ordenados con el Interventor; comprende, además, el suministro de los materiales para las juntas de los tubos y la construcción de éstas, así como las conexiones a cabezales u obras existentes o nuevas, y la remoción y disposición de los materiales sobrantes.

661.2 MATERIALES

661.2.1 Tubería

La tubería que suministre el Constructor deberá cumplir los requisitos de la norma NTC 401. La clase de tubería y su diámetro interno, se deberán indicar en los planos del proyecto. Los extremos de los tubos y el diseño de las juntas deberán ser tales, que se garantice un encaje adecuado entre secciones continuas, de manera que brinden un conducto continuo y libre de irregularidades en la línea de flujo.

Los requisitos de resistencia al agrietamiento y rotura que deben cumplir los tubos son los especificados en la norma NTC 401.

661.2.2 Material para solado y atraque

Los materiales para el solado, atraque y relleno de la zanja serán los indicados en los documentos del proyecto. Los suelos, materiales de recebo, materiales granulares tipo SBG y BG, gravilla y arena que se utilicen deberán cumplir con lo indicado en el Artículo 610, numeral 610.2, sub-numerales 610.2.1, 610.2.2, 610.2.3, 610.2.5 y 610.2.6, respectivamente

El tamaño máximo del material para solado y atraque de los tubos no será mayor que 25 mm (1") y el material para rellenos alrededor del tubo no

será mayor que 75 mm (3"). El tamaño máximo del material no será mayor que la mitad del espesor de la capa compactada.

Si los documentos del proyecto indican que el solado y/o el atraque para la tubería se ejecuten en concreto simple, éste se elaborará según lo especificado en el Artículo 630, "Concreto Estructural"; la resistencia mínima a la compresión, si los documentos del contrato no indican otra cosa, será de 14 MPa a 28 días, medida según la norma de ensayo INV E-410.

661.2.3 Sello para juntas

Las juntas para las uniones de los tubos se sellarán con empaques flexibles que cumplan la especificación AASHTO M 198 y/o la norma NTC 1328, con mortero o con lechada de cemento. Si se emplea mortero, éste deberá ser una mezcla volumétrica de una (1) parte de cemento hidráulico y tres (3) de arena aprobada, con el agua necesaria para obtener una mezcla seca pero trabajable.

661.3 EQUIPO

Se requieren, principalmente, elementos para la producción de agregados pétreos y fabricación y curado de la mezcla de concreto, conforme se indica en el numeral 630.3 del Artículo 630; herramientas adecuadas para la correcta colocación del refuerzo; moldes para la fabricación de los tubos y equipos para su transporte y colocación en el sitio de las obras.

661.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

661.4.1 Preparación de las condiciones de instalación de la tubería

La preparación de las condiciones de instalación de la tubería se hará de acuerdo con lo indicado en el numeral 660.4.1 del Artículo 660.

661.4.2 Colocación del material de solado para la tubería

La colocación del material de solado para la tubería se llevará a cabo según con lo indicado en el numeral 660.4.2 del Artículo 660.

661.4.3 Colocación de la tubería

La colocación de la tubería se hará de acuerdo con lo indicado en el numeral 660.4.3 del Artículo 660.

661.4.4 Juntas

Para la elaboración de las juntas, aplican las indicaciones del numeral 660.4.4 del Artículo 660.

661.4.5 Atraque

La colocación del material de atraque para la tubería se hará de acuerdo con lo indicado en el numeral 660.4.5 del Artículo 660.

661.4.6 Rellenos

Para la ejecución de los rellenos, aplican las indicaciones del numeral 660.4.6 del Artículo 660.

661.4.7 Limpieza

Terminados los trabajos, el Constructor deberá limpiar la zona de las obras y retirar los materiales sobrantes, transportarlos y disponerlos en sitios aceptados por el Interventor y de acuerdo con procedimientos aprobados por éste.

661.4.8 Manejo ambiental

Todas las labores y trabajos que se lleven a cabo se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

661.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

661.5.1 Controles

Se adelantarán los mismos controles generales indicados en el numeral 660.5.1 del Artículo 660.

661.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**661.5.2.1 Calidad de la tubería**

Los tubos de concreto reforzado deben cumplir con los criterios de aceptación establecidos en la norma NTC-401.

El Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de tubos que presenten:

- Fracturas o grietas que atraviesen la pared, excepto una grieta en el extremo que no exceda el espesor de la junta.
- Defectos que indiquen dosificación, mezcla o moldeo inadecuados.
- Defectos superficiales tales como hormigueros o textura abierta.
- Extremos dañados que impidan la construcción de juntas aceptable.
- Cualquier grieta continua que tenga un ancho superficial de tres décimas de milímetro o mayor (≥ 0.3 mm) y se extienda por una longitud de trescientos milímetros o más (≥ 300 mm), independientemente de su posición en el tubo.

El Constructor deberá suministrar, sin costo para el Instituto Nacional de Vías, el número requerido de tubos para los ensayos, los cuales serán elegidos al azar y corresponderán a tubos que no serían rechazados bajo las exigencias de esta especificación. El número de tubos no excederá del dos por ciento (2 %) del total necesario en la obra para cada diámetro.

El Constructor deberá presentar al Interventor una certificación con los resultados de los ensayos de calidad efectuados por el fabricante al lote de tubos del cual forman parte los suministrados a la obra. Esta certificación en ningún

caso será motivo suficiente para la aceptación de dichos tubos por parte del Interventor.

Los tubos se someterán al ensayo de resistencia al aplastamiento según la norma de ensayo NTC 3676 y la carga necesaria para producir una grieta de tres décimas de milímetro (0.3 mm) o la carga última, no podrá ser inferior a la prescrita en la tabla que corresponda de la especificación AASHTO M 170M y/o NTC 401 para cada una de las clases existentes. La tubería será aceptable bajo los ensayos de resistencia, si todos los tubos probados cumplen los requisitos. En caso contrario, el Constructor, a su costa, suministrará para reensayo dos (2) tubos adicionales por cada tubo que haya fallado y la tubería se considerará aceptable solamente cuando todos los tubos reensayados cumplan los requisitos de resistencia.

De cada tubo satisfactorio por resistencia se tomará una muestra para el ensayo de absorción según la norma NTC 3676, la cual deberá tener una masa mínima de un kilogramo (1 kg), estará libre de astillamientos y grietas visibles y representará el espesor total del tubo. Si ningún valor de absorción excede de nueve por ciento (9 %), el lote se considerará satisfactorio. Si la absorción de algún tubo supera dicho límite, se tomará otra muestra del mismo tubo y su resultado reemplazará al anterior. Si el valor vuelve a superar el límite admisible, se rechazará el lote representado por el conjunto de tubos ensayados.

Los tubos que hayan sido sometidos solamente al ensayo de la formación de la grieta de 0.3 mm y que satisfagan los requisitos a la carga de grieta de 0.3 mm, se deben aceptar para el uso. Para tal efecto, el fabricante deberá suministrar al Constructor el protocolo de prueba correspondiente.

En adición a las pruebas anteriores, y en el evento de que los tubos sean fabricados directamente en la obra en instalaciones adecuadas para ello, la calidad de la mezcla de concreto elaborada se evaluará según lo descrito en el numeral 630.5.2.5 del Artículo 630.

Si la resistencia de los cilindros de concreto elaborados en la obra no cumple con los criterios de aceptación del citado numeral, se podrán tomar núcleos de paredes de los tubos representados por dicho concreto, si la armadura lo permite, y la resistencia de cada núcleo deberá ser por lo menos igual a la de diseño. Si algún núcleo no satisface este requisito, se tomará otro del mismo tubo y se repetirá la prueba. Si el resultado de ésta tampoco es satisfactorio, o si la armadura no permite tomar los cilindros, se rechazará el tubo.

Los orificios que dejen los núcleos en los tubos finalmente aceptados, deberán ser rellenados y adecuadamente sellados, sin costo para el Instituto Nacional de Vías, de manera tal, que la sección y el aspecto del tubo resulten satisfactorios para el Interventor.

661.5.2.2 Tolerancias permitidas en las dimensiones de los tubos de concreto reforzado

Las tolerancias permitidas se indican en la Tabla 661 - 1. Tubos que presenten variaciones localizadas de espesor de pared, en exceso de las recién mencionadas, se aceptarán si cumplen las exigencias de resistencia al aplastamiento y mínima cobertura del refuerzo, de acuerdo con los requisitos de la norma NTC 401.

661.5.2.3 Tolerancias en el refuerzo

661.5.2.3.1 Posición

La máxima variación admisible en la posición del refuerzo, será el mayor valor entre más o menos diez por ciento ($\pm 10\%$) del espesor de diseño de la pared o más o menos trece milímetros ($\pm 13\text{ mm}$). Sin embargo, se aceptarán tubos por fuera de esta tolerancia si las muestras representativas de ellos han satisfecho el ensayo de resistencia al aplastamiento. No obstante, en ningún caso se aceptarán tubos cuya armadura tenga un recubrimiento inferior a trece milímetros (13 mm) en la pared interna o en la externa, excepto, en la superficie de acople en las juntas.

Tabla 661 – 1. Tolerancias permitidas en las dimensiones de los tubos de concreto reforzado.

DIÁMETRO NOMINAL INTERNO (mm)	VARIACION (+ ó -) PERMITIDA EN DIÁMETRO NOMINAL INTERNO (mm)	VARIACION (+ ó -) PERMITIDA EN ESPESOR DE PARED (mm)	DISMINUCION PERMITIDA EN LONGITUD DEL TUBO (mm)	VARIACIÓN PERMITIDA EN LA LONGITUD DE DOS LADOS OPUESTOS DEL TUBO
600	1.5 %	El valor que resulte mayor entre 5 % del espesor de pared especificado o de diseño y 5 mm. Espesores de pared mayores a los requeridos en el diseño no serán causa de rechazo de los tubos.	No deberá ser superior a 10 mm por metro de longitud de tubo con un máximo total de 13 mm para cualquier longitud de tubo. Todo con respecto de la longitud de tubo especificada por el fabricante.	No deberá ser superior a 6 mm para tuberías de 600 mm de diámetro, y no más de 10 mm por metro de longitud para los diámetros mayores, hasta un valor máximo de 16 mm en cualquier longitud de tubo de hasta 2150 mm de diámetro interno; y un máximo de 19 mm para diámetros internos mayores.
685 a 3650	1.0 %			

Nota: Para diámetros diferentes, se deberá consultar la Tabla 6 de la especificación AASHTO M 170M.

661.5.2.3.2 Área de refuerzo

Se considerará que el refuerzo satisface los requerimientos de diseño si el área, computada sobre la base del área nominal de las varillas empleadas, iguala o excede los requerimientos de la respectiva tabla de diseño de la especificación AASHTO M 170M y/o la norma NTC 401.

Cuando se usen canastas interior y exterior, el diseño de la canasta interior puede tener, como mínimo, el ochenta y cinco por ciento (85 %) del área de diseño elíptica, y la canasta exterior el sesenta y cuatro por ciento (64 %) de la misma, siempre y cuando la suma de las dos (2) áreas no resulte inferior al ciento cincuenta y tres por ciento (153 %) del área de diseño elíptica.

661.5.2.4 Material de solado y atraque

En relación con la calidad y compactación de los materiales para solado, atraque y relleno diferentes al concreto, se aplicarán los criterios expuestos en los numerales 600.5.2.1 y 610.5.2.2.1 del Artículo 610.

661.5.2.1 Concreto para solado y atraque

En relación con la calidad de los materiales para la mezcla, se aplicarán los criterios expuestos en los numerales 630.5.2.1, 630.5.2.2, 630.5.2.3 y 630.5.4 del Artículo 630, "Concreto estructural".

En relación con la calidad de la mezcla elaborada, se aplicará lo descrito en el numeral 630.5.2.5 del mismo Artículo. Por lo tanto, si la resistencia de los cilindros tomados en la obra no es satisfactoria, el Interventor rechazará el volumen del concreto correspondiente y el Constructor deberá demoler la obra ejecutada, remover los escombros, cargarlos, transportarlos y depositarlos en sitios aprobados y mediante procedimientos satisfactorios para el Interventor y reconstruirá el área afectada con una mezcla satisfactoria, operaciones que deberá realizar sin costo adicional alguno para el Instituto Nacional de Vías.

El Interventor no autorizará la colocación del concreto para solado si la superficie de apoyo no se encuentra correctamente preparada.

661.5.2.2 Calidad del producto terminado

La tubería será objeto de rechazo si en tramos rectos presenta variaciones de alineamiento superiores a diez milímetros por metro (10 mm/m).

El Interventor tampoco aceptará los trabajos si, a su juicio, las juntas están deficientemente elaboradas.

Todos los materiales defectuosos y los desperfectos en los trabajos ejecutados deberán ser reemplazados y subsanados por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

661.6 MEDIDA

La unidad de medida de la tubería será el metro lineal (m), aproximado al decímetro, de tubería de concreto simple suministrada y colocada de acuerdo con los planos, esta especificación y las indicaciones del Interventor, a plena satisfacción de éste. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

La medida se hará entre las caras exteriores de los extremos de la tubería o los cabezales, según el caso, a lo largo del eje longitudinal y siguiendo la pendiente de la tubería. No se medirá, para efectos de pago, ninguna longitud de tubería colocada fuera de los límites autorizados por el Interventor.

661.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al precio unitario del contrato, según el diámetro interno de la tubería, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor. El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto del suministro de los materiales requeridos para construir los tubos, incluido el acero de refuerzo, la elaboración y curado de los tubos, su transporte y correcta colocación; el suministro de los materiales requeridos para las juntas y la elaboración de éstas; las conexiones de cabezales, cajas de entrada y aletas; el suministro e instalación de los entibados que puedan requerirse; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de las obras; la limpieza de la zona de los trabajos; el transporte y la disposición de los materiales sobrantes y, en general, todos los costos relacionados con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

Se exceptúan los costos de desmonte y limpieza, los cuales se cubrirán con cargo al Artículo 200; los de excavación, los cuales se deberán considerar en el Artículo 600, los de rellenos de solado, atraque y relleno de zanja, que se cubrirán con cargo los Artículos 610 o 630, según aplique; y los de la construcción de cabezales, cajas de entrada y aletas, los cuales quedarán cubiertos por los Artículos 630 y 640.

661.8 ÍTEM DE PAGO

661.1 Tubería de concreto reforzado clase ____ , de Metro lineal (m)
 ____mm de diámetro interior

Nota: se deberá elaborar un ítem de pago para cada clase de tubería de concreto reforzado y cada diámetro que tengan las tuberías consideradas en el proyecto.

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

TUBERÍA METÁLICA CORRUGADA

ARTÍCULO 662 – 13

662.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, almacenamiento, manejo y colocación de tubos de acero corrugado galvanizado, de sección circular, ovalada o abovedada, de superficie ondulada, de diámetros y espesores dados, para ser colocados siguiendo los alineamientos, cotas y pendientes mostrados en los planos u ordenados por el Interventor. Comprende, además, las conexiones de ésta a cabezales y demás obras existentes o nuevas y la remoción y disposición satisfactorias de los materiales sobrantes.

662.2 MATERIALES

662.2.1 Tubos de láminas corrugadas de acero galvanizado, remachados, soldados y helicoidales

Los tubos y accesorios necesarios para su ensamblaje, deberán cumplir los requisitos establecidos en las especificaciones AASHTO M 36 o ASTM A 760 y las demás normas y especificaciones que se deriven de su aplicación. La tubería corresponderá a los tipos I o II, según la forma definida en los planos del proyecto.

662.2.2 Tubos de láminas corrugadas con recubrimiento bituminoso

Deberán cumplir los requisitos indicados en la especificación AASHTO M 190 y las normas y especificaciones que se deriven de su aplicación.

Salvo que los documentos del proyecto establezcan lo contrario, la tubería será del denominado tipo B.

662.2.3 Material para solado y atraque

El material para el solado y el atraque deberá cumplir los requisitos de material granular SBG-20, numeral 610.2.3, Artículo 610.

662.2.4 Material de relleno

Los materiales para el relleno de la zanja serán los indicados en los documentos del proyecto. Los suelos, materiales de recebo y materiales granulares tipo SBG que se utilicen deberán cumplir con lo indicado en el Artículo 610, numeral 610.2, sub-numerales 610.2.1, 610.2.2 y 610.2.3, respectivamente.

662.3 EQUIPO

Se requieren, básicamente, elementos para el transporte de los tubos, para su colocación y ensamblaje, así como los requeridos para la obtención de materiales, transporte y construcción de una sub-base granular, según se indica en el numeral 300.3 del Artículo 300. Cuando los planos exijan apuntalamiento de la tubería, se deberá disponer de gatos para dicha labor.

662.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

662.4.1 Certificados de calidad y garantía del fabricante de los tubos

Antes de comenzar los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor un certificado legalizado de la fábrica, indicando el nombre y marca de fábrica del metal que suministrará y un análisis típico del mismo, para cada clase de tubería.

Además, le entregará el certificado de garantía del fabricante, estableciendo que todo el material que suministrará satisface las especificaciones requeridas, que llevará marcas de identificación y que reemplazará sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías cualquier metal que no esté de conformidad con el análisis, resistencia a la tracción, el espesor y el recubrimiento galvanizado especificados.

Ningún tubo será aceptado hasta que los certificados de calidad de fábrica y de garantía del fabricante hayan sido recibidos y aprobados por el Interventor, lo cual de ninguna manera eximirá de la responsabilidad que tiene el Constructor para garantizar la calidad del producto que suministre.

662.4.2 Inspección y muestreo en la fábrica o el taller

Cada vez que el Interventor lo considere necesario, inspeccionará y tomará muestras del material en la planta de laminación o en el taller de fabricación de las tuberías. Además, podrá requerir de la fábrica el análisis químico de cualquier lote de fundición y las pruebas de resistencia y galvanizado de los tubos que esté fabricando con destino a la obra.

El Interventor deberá tener libre acceso a la fábrica o taller para la inspección, y el Constructor deberá obtener las facilidades para el cumplimiento de esta acción.

662.4.3 Reparación de revestimientos dañados

Aquellas unidades donde el galvanizado haya sido quemado por soldadura o dañado por cualquier otro motivo durante la fabricación, deberán ser galvanizadas nuevamente, empleando el proceso de metalizado descrito en el numeral 24 de la especificación AASHTO M 36.

662.4.4 Manejo, transporte, entrega y almacenamiento

Los tubos se deberán manejar, transportar y almacenar usando métodos que no los dañen. Los tubos averiados, a menos que se reparen a satisfacción del Interventor, serán rechazados, aún cuando hayan sido previamente inspeccionados en la fábrica y encontrados satisfactorios.

662.4.5 Preparación de las condiciones de instalación de la tubería

La preparación de las condiciones de instalación de la tubería se hará de acuerdo con lo indicado en el numeral 660.4.1 del Artículo 660. Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, la excavación deberá tener una amplitud tal que el ancho del solado se extienda una vez y media veces el diámetro del tubo, a cada lado de la generatriz de apoyo y a lo largo de toda la longitud del tubo.

662.4.6 Solado

Sobre el terreno natural o el relleno preparado se colocará el solado con material granular, en el ancho indicado en el numeral anterior. El espesor del solado será el indicado en los planos, pero no será menor de quince (15) centímetros. La superficie acabada del solado deberá coincidir con las cotas especificadas del fondo exterior de la tubería y su compactación

mínima será del noventa y cinco por ciento (95 %) de la densidad máxima del ensayo modificado de compactación (INV E-142).

662.4.7 Instalación de la tubería

La tubería se colocará sobre el lecho de material granular, conformado y compactado, principiando en el extremo de aguas abajo, cuidando que las pestañas exteriores circunferenciales y las longitudinales de los costados se coloquen frente a la dirección de aguas arriba. Los tubos que tengan recubrimiento bituminoso deberán ser colocados con dicho recubrimiento en la parte inferior.

Cuando los planos pidan apuntalamiento, éste se hará alargando el diámetro vertical en el porcentaje indicado y manteniendo dicho alargamiento con puntales, trozos de compresión y amarres horizontales. El alargamiento se debe hacer de manera progresiva de un extremo de la tubería al otro y los amarres y puntales se deberán dejar en sus lugares hasta que el relleno esté terminado y consolidado, a menos que los planos lo indiquen de otra forma.

662.4.8 Relleno

La zona de relleno adyacente al tubo, con las dimensiones indicadas en los planos o fijadas por el Interventor, se ejecutará con el material apropiado, según lo indicado en el numeral 662.2.4. Su compactación se efectuará en capas horizontales de quince a veinte centímetros (15 cm - 20 cm) de espesor compacto, alternadamente a uno y otro lado del tubo, de forma que el nivel sea el mismo a ambos lados y con los cuidados necesarios para no desplazar ni deformar los tubos.

El material de relleno se deberá compactar hasta alcanzar grado de compactación establecido en Artículo 610, numeral 610.5.2.2.1.

En zonas donde la tubería esté sometida al paso de vehículos, ésta deberá resistir los esfuerzos producidos por la carga vehicular y por el peso de relleno de suelo compactado en la parte superior del tubo. El espesor del relleno no podrá ser menor de 0.30 m, 1/8 del diámetro del tubo o el calculado para el peso de los ejes del vehículo de diseño, el que resulte mayor.

662.4.9 Limpieza

Terminados los trabajos, el Constructor deberá limpiar la zona de las obras y los sobrantes, transportarlos y disponerlos en sitios aceptados por el Interventor, de acuerdo con procedimientos aprobados por éste.

662.4.10 Limitaciones de empleo

Se podrá utilizar tubería metálica cuando el suelo o el agua en contacto con el tubo cumplan con las siguientes condiciones:

- pH: $6 \leq \text{pH} \leq 9$
- Resistencia > 3000 ohmios/cm
- Contenido de cloruros < 100 mg/kg
- Contenido de sulfatos < 500 mg/kg
- Contenido de sulfuros < 100 mg/kg

No obstante las recomendaciones anteriores, se puede autorizar el uso de la tubería metálica si se dispone de la protección requerida que garantice la durabilidad y estabilidad de la obra incluyendo este costo de la protección en el precio unitario de la tubería.

No es recomendable la utilización de la tubería cuando ella vaya a estar sometida a corrientes de agua con velocidades superiores a tres metros por segundo (3 m/s) o a corrientes con alto contenido de sólidos transportados.

662.4.11 Manejo ambiental

Todas las labores y trabajos de tubería metálica corrugada se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

662.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

662.5.1 Controles

Al respecto, se aplicará todo lo que resulte pertinente del numeral 660.5.1 del Artículo 660.

662.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**662.5.2.1 Marcas**

No se aceptará ningún tubo, a menos que el metal esté identificado por un sello en cada sección que indique:

- Nombre del fabricante de la lámina
- Marca y clase del metal básico
- Calibre o espesor
- Peso del galvanizado

Las marcas de identificación deberán ser colocadas por el fabricante de tal manera, que al enrollar las láminas, tales marcas aparezcan en la parte exterior de cada sección de cada tubo.

662.5.2.2 Calidad de la tubería

Constituirán causal de rechazo de los tubos, los siguientes defectos:

- Traslapos desiguales
- Forma defectuosa
- Variación de la línea recta central
- Bordes dañados
- Remaches o puntos de soldadura flojos, mal alineados o mal espaciados

- Marcas ilegibles
- Láminas de metal abollado o roto

La tubería metálica deberá satisfacer los requisitos de todas las pruebas de calidad mencionadas en la especificación AASHTO M 36 o ASTM A 760. Además, el Interventor tomará al azar muestras cuadradas de lado igual a cincuenta y siete milímetros y una décima, más o menos tres décimas de milímetro ($57.1 \text{ mm} \pm 0.3 \text{ mm}$), para someterlas a análisis químicos y determinación del peso del galvanizado, cuyos resultados deberán satisfacer las exigencias de la especificación AASHTO M 218. El peso del galvanizado se determinará en acuerdo a la norma AASHTO T 65 o ASTM A 90. Las muestras para estos ensayos se podrán tomar de la tubería ya fabricada o de láminas o rollos del mismo material usado en su fabricación.

662.5.2.3 Calidad del recubrimiento bituminoso

Cuando los planos requieran la colocación de tubería con revestimiento bituminoso, el material de éste deberá satisfacer las exigencias de calidad impuestas por la especificación AASHTO M 190.

662.5.2.4 Tamaño y variación permisibles

La longitud especificada de la alcantarilla será la longitud neta de la alcantarilla terminada, la cual no incluye cualquier otro material para darle acabado al tubo. Si la deficiencia promedio en longitud de cualquier embarque es mayor del uno por ciento (1 %), el embarque deberá ser rechazado por el Interventor.

662.5.2.5 Solado y relleno

En relación con la calidad y compactación de los materiales para solado, atraque y relleno, se aplicarán los criterios expuestos en los numerales 600.5.2.1 y 610.5.2.2.1 del Artículo 610.

La frecuencia de las verificaciones de compactación será establecida por el Interventor, quien no recibirá los trabajos si todos los ensayos que efectúe no superan los límites mínimos indicados para el solado y el relleno (numerales 662.4.6 y 662.4.8).

662.5.2.6 Calidad del producto terminado

La tubería será objeto de rechazo si en tramos rectos presenta variaciones de alineamiento de más de diez milímetros por metro de longitud (10 mm/m).

Todos los materiales que resulten defectuosos de acuerdo con lo prescrito en esta especificación deberán ser reemplazados por el Constructor, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste. Así mismo, el Constructor deberá reparar, a sus expensas, las deficiencias que presenten las obras ejecutadas y las que superen las tolerancias establecidas en esta especificación.

662.6 MEDIDA

La unidad de medida será el metro lineal (m), aproximado al decímetro, de tubería metálica corrugada, suministrada y colocada de acuerdo con los planos, con esta especificación y con las indicaciones del Interventor, a plena satisfacción de éste. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

La medida se hará entre las caras exteriores de los extremos de la tubería o los cabezales, según el caso, a lo largo del eje longitudinal y siguiendo la pendiente de la tubería.

No se medirá, para efectos de pago, ninguna longitud de tubería colocada por fuera de los límites autorizados por el Interventor.

662.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al precio unitario del contrato, según el diámetro y el espesor o calibre de la tubería, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de suministro, patentes e instalación de las tuberías y el apuntalamiento de éstas, cuando se requiera. También, incluirá el costo del revestimiento bituminoso de los tubos que lo requieran y el suministro del material. Igualmente, las conexiones a cabezales, cajas de entrada y aletas y el suministro e instalación de los entibados que puedan requerirse. Además, los costos correspondientes a la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante el período de ejecución de las obras, la limpieza de la zona de ejecución de los trabajos al término de los mismos, el transporte y adecuada disposición de los materiales sobrantes y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

Se exceptúan los costos derivados de las operaciones de desmonte y limpieza, que se pagarán con cargo al Artículo 200; los de excavación, que pagarán con cargo a los Artículos 210 o 600, según corresponda; los de rellenos, que pagarán con cargo al Artículo 610; y los de la construcción de cabezales, cajas de entrada y aletas, que se pagarán con cargo a los Artículos 630 y 640.

662.8 ÍTEM DE PAGO

662.1	Tubería corrugada de acero galvanizado, de lámina calibre ____ y diámetro ____ (mm)	Metro lineal (m)
662.2	Tubería corrugada de acero con recubrimiento bituminoso, de lámina calibre ____ y diámetro ____ (mm)	Metro lineal (m)

Nota: se deberá elaborar un ítem de pago para cada calibre de lámina y/o cada diámetro que tengan las tuberías consideradas en el proyecto.

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente
NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

TUBERÍA DE PLÁSTICO

ARTÍCULO 663 – 13

663.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, almacenamiento, manejo y colocación de tuberías de plástico, del tipo y con los diámetros, alineamientos, cotas y pendientes mostrados en los planos del proyecto u ordenados por el Interventor; comprende, además, el suministro de los materiales para las juntas de los tubos y la construcción de éstas, así como las conexiones a cabezales u obras existentes o nuevas y la remoción y disposición del material sobrante.

663.2 MATERIALES

663.2.1 Tubería

La tubería y los accesorios serán del tipo y las características indicadas en los planos y demás documentos del proyecto; deberán estar de acuerdo con alguna de las siguientes normas:

- NTC-5055 (ASTM F 794): Tubos y accesorios de poli(cloruro de vinilo) (PVC) perfilados para uso en alcantarillado por gravedad, controlados por el diámetro interno;
- NTC 5070 (ASTM F 2307): Tubos y accesorios de poli(cloruro de vinilo) (PVC) fabricados con perfil cerrado para uso en alcantarillado, controlados por el diámetro interior;
- ASTM F 949: Poly (Vinyl Chloride) (PVC) corrugated sewer pipe with a smooth interior and fittings.
- ASTM F 667: large diameter corrugated polyethylene pipe and fittings;
- ASTM F 714: Polyethylene (PE) plastic pipe (SDR-PR) based on outside diameter;
- ASTM F 894: Based on controlled inside diameter polyethylene (PE) large diameter profile wall sewer and drain pipe;

663.2.2 Sello de juntas

Salvo que los documentos del contrato indiquen otra cosa, las juntas deberán ser impermeables con sello de elastómero flexible, según la norma ASTM D 3212.

663.2.3 Materiales de relleno

Los materiales para el solado, atraque y relleno de la zanja serán los indicados en los documentos del proyecto. Los suelos, materiales de recebo, materiales granulares tipo SBG y BG, gravilla y arena que se utilicen deberán cumplir con lo indicado en el Artículo 610, numeral 610.2, sub-numerales 610.2.1, 610.2.2, 610.2.3, 610.2.5 y 610.2.6, respectivamente. La selección de los materiales para cada una de las partes del relleno de la zanja deberá hacerse siguiendo los lineamientos de la norma ASTM D 2321.

Salvo que los documentos del proyecto indiquen otra cosa, el tamaño máximo de los materiales de solado y atraque deberá ser 20mm (3/4") y el de los demás materiales que queden en contacto con el tubo deberá 40mm (1 1/2").

663.3 EQUIPO

Se requieren básicamente equipos para el transporte de la tubería y su colocación en el sitio de las obras.

663.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

663.4.1 Preparación de las condiciones de instalación de la tubería

La preparación de las condiciones de instalación de la tubería se hará de acuerdo con lo indicado en el numeral 660.4.1 del Artículo 660.

663.4.2 Colocación del material de solado para la tubería

El material de cama o base que servirá de apoyo a la tubería será granular, con las características que se indiquen en los planos y documentos del proyecto. Este material se colocará antes de la instalación de la tubería.

El material de solado se deberá compactar hasta alcanzar grado de compactación establecido en Artículo 610, numeral 610.5.2.2.1, salvo que, en el caso de gravilla o arena, los documentos del proyecto indiquen que este material se deba colocar en estado suelto. El espesor de las capas para construir el solado será el adecuado para que, con los equipos contemplados en el proyecto, se alcance el grado de compactación especificado en todo el espesor del mismo.

663.4.3 Colocación de la tubería

La tubería se instalará siguiendo las instrucciones del fabricante. La tubería se colocará en forma ascendente, comenzando por el lado de salida y con los extremos acampanados o de ranura dirigidos hacia el cabezal o caja de entrada de la obra. Antes de instalar la tubería dentro de la zanja, se deberán inspeccionar y limpiar las uniones.

El fondo de la tubería se deberá ajustar a los alineamientos y cotas señalados en los planos del proyecto. Cada tramo de tubo deberá quedar completamente soportado y se deberán verificar su alineamiento y cotas antes de colocar el siguiente tramo.

En las instalaciones múltiples de tubería, la línea central de cada una deberá ser paralela a las demás. Si los planos no indican otra cosa, la distancia libre entre dos (2) líneas de tubería deberá ser igual a medio (1/2) diámetro, pero no menos de seiscientos milímetros (600 mm).

663.4.4 Juntas

Las juntas se ejecutarán siguiendo las instrucciones del fabricante. Se deberán limpiar todas las partes de la junta, incluyendo material de sello flexible. Antes de insertar el nuevo tubo al que ya se encuentra instalado, estos se deberán alinear; el empuje para la inserción deberá hacerse con presión constante, protegiendo el tubo que se empuja con madera o algún elemento similar para prevenir que el equipo de empuje cause algún deterioro.

663.4.5 Relleno de atraque

El material de atraque que le dará soporte a la parte inferior de tubo, en sus costados, será granular, con las características que se indiquen en los planos y documentos del proyecto.

El material de atraque se deberá compactar hasta alcanzar grado de compactación establecido en Artículo 610, numeral 610.5.2.2.1. El espesor de las capas para construir el atraque será el adecuado para que, con los equipos contemplados en el proyecto, se alcance el grado de compactación especificado en todo el espesor del mismo; el avance del relleno de atraque deberá ser parejo a ambos lados del tubo para evitar el desplazamiento del mismo. La compactación del material de atraque debe lograr que el tubo quede totalmente apoyado, sin vacíos o zonas de baja densidad.

663.4.6 Rellenos laterales y superiores

Los rellenos laterales se deberán ejecutar con los materiales y grados de compactación mostrados en los planos; los rellenos deben avanzar en capas de espesor no mayor que quince centímetro (15 cm), a ambos lados del tubo, sin que se presenten diferencias de altura superiores a quince centímetros (15cm) entre ellos.

El relleno seguirá avanzando lentamente de la misma manera hasta cubrir el tubo con un espesor no menor de treinta centímetros (30 cm).

El material de relleno se deberá compactar hasta alcanzar grado de compactación establecido en Artículo 610, numeral 610.5.2.2.1. El espesor de las capas para construir el relleno será el adecuado para que, con los equipos contemplados en el proyecto, se alcance el grado de compactación especificado en todo el espesor del mismo.

663.4.7 Limpieza

Terminados los trabajos, el Constructor deberá limpiar la zona de las obras y retirar los materiales sobrantes, transportarlos y disponerlos en sitios aceptados por el Interventor, de acuerdo con procedimientos aprobados por éste.

663.4.8 Manejo ambiental

Todas las labores y trabajos que se lleven a cabo se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales.

663.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

663.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado de funcionamiento de equipo de construcción;
- Comprobar que los tubos y demás materiales y mezclas por utilizar cumplan los requisitos de la presente especificación;
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aprobado;
- Verificar que el alineamiento y pendiente de la tubería estén de acuerdo con los requerimientos de los planos;

El Interventor medirá, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas satisfactoriamente por el Constructor.

663.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

663.5.2.1 Calidad de la tubería

Los tubos de plástico deben cumplir con los criterios de aceptación establecidos en la norma aplicable de las mencionadas en el numeral 663.2.1, según el tipo de tubo.

663.5.2.2 Materiales de relleno

En relación con la calidad y compactación de los materiales para solado, atraque y relleno diferentes al concreto, se aplicarán los criterios expuestos en los numerales 600.5.2.1 y 610.5.2.2.1 del Artículo 610.

663.5.2.3 Calidad del producto terminado

La tubería será objeto de rechazo si en tramos rectos presenta variaciones de alineamiento de más de diez milímetros por metro de longitud (10 mm/m).

El Interventor tampoco aceptará los trabajos si, a su juicio, las juntas están deficientemente elaboradas.

Todos los materiales defectuosos y los desperfectos en los trabajos ejecutados deberán ser reemplazados y subsanados por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

663.6 MEDIDA

La unidad de medida de la tubería será el metro lineal (m), aproximado al decímetro, de tubería de plástico suministrada y colocada de acuerdo con los planos, esta especificación y las indicaciones del Interventor, a plena satisfacción de éste. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

La medida se hará entre las caras exteriores de los extremos de la tubería o los cabezales, según el caso, a lo largo del eje longitudinal y siguiendo la pendiente de la tubería. No se medirá, para efectos de pago, ninguna longitud de tubería colocada fuera de los límites autorizados por el Interventor.

663.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará a los precios unitarios del Contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir todos los costos por concepto de suministro en el lugar de los tubos y su instalación; el suministro de los demás materiales requeridos para las juntas y conexiones; la ejecución de las juntas; las conexiones a cabezales, cajas de entrada y aletas; el suministro e instalación de los entibados que puedan requerirse; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de las obras; la limpieza de la zona de los trabajos; el transporte, disposición de los materiales sobrantes y, en general, todos los costos relacionados con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

Se exceptúan los costos de desmonte y limpieza, los cuales se cubrirán con cargo al Artículo 200; los de excavación, los cuales se deberán considerar en el Artículo 600, los de rellenos de solado, atraque y relleno de zanja, que se cubrirán con cargo al

Artículos 610; y los de la construcción de cabezales, cajas de entrada y aletas, los cuales quedarán cubiertos por los Artículos 630 y 640.

663.8 ÍTEM DE PAGO

663.1	Tubería de plástico tipo ____, norma ____, de diámetro ____ mm	Metro lineal (m)
-------	---	------------------

Nota: Se deberá elaborar un sub-ítem para cada tipo de tubería y cada diámetro incluido en el contrato.

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAG

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

DISIPADORES DE ENERGÍA Y SEDIMENTADORES EN GAVIONES DE ALAMBRE DE ACERO ENTRELAZADO O EN CONCRETO CICLÓPEO

ARTÍCULO 670 – 13

670.1 DESCRIPCIÓN

670.1.1 Generalidades

Este trabajo consiste en la construcción de disipadores de energía y sedimentadores en gaviones de alambre de acero entrelazado o en concreto ciclópeo.

En todos los casos, la construcción comprende el suministro de materiales y equipos, así como la colocación de formaletas, preparación y vaciado de mezclas de concreto y mortero, colocación de gaviones, acabado y curado de las obras y, en general, todas las operaciones requeridas para su terminación, de acuerdo con los planos, este Artículo y las instrucciones del Interventor.

670.1.2 Clasificación

Los disipadores de energía y los sedimentadores se clasifican de acuerdo al tipo de construcción y a sus elementos constitutivos. Estos pueden ser en gaviones de alambre de acero entrelazado o en concreto ciclópeo.

A su vez, los disipadores de energía y los sedimentadores en gaviones de alambre de acero entrelazado se clasificarán en cuatro clases, en función del tipo de revestimiento del alambre, como se establece en el numeral 681.2.1.2 del Artículo 681.

La construcción de disipadores de energía y sedimentadores con otros materiales, deberá ser objeto de una especificación particular.

670.2 MATERIALES

670.2.1 Gaviones

Las canastas, las piedras de llenado para los gaviones y todos los materiales constitutivos de los mismos deberán cumplir los requisitos indicados en el numeral 681.2 del Artículo 681, "Gaviones".

670.2.2 Concreto ciclópeo

Los materiales para el concreto ciclópeo deberán cumplir las exigencias establecidas en el numeral 630.2 del Artículo 630, "Concreto estructural". Si los documentos del contrato no establecen otra cosa, el concreto ciclópeo estará constituido por concreto con resistencia a la compresión simple de 14 MPa a los 28 días, y agregado ciclópeo en una proporción de 40 %, como máximo, del volumen total.

670.2.3 Geotextil de separación

Si los documentos del proyecto así lo indican, sobre la superficie compactada se deberá instalar un geotextil de separación, el cual deberá cumplir con lo especificado en el Artículo 231, numeral 231.2.1.

670.3 EQUIPO

Los equipos para la ejecución de los trabajos dependerán del material que se utilice. Si se construyen en gaviones, resulta aplicable lo descrito en el numeral 681.3 del Artículo 681, mientras que si se construyen en concreto, se aplicará lo pertinente del numeral 630.3 del Artículo 630.

670.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

670.4.1 Preparación de la superficie de apoyo

El Interventor sólo autorizará la iniciación de los trabajos cuando se compruebe que la superficie sobre la cual se deben apoyar los disipadores de energía y sedimentadores tenga las cotas y los niveles de compactación indicados en los planos o definidos por el Interventor.

Si en dicha superficie existen irregularidades que excedan las tolerancias determinadas en la especificación correspondiente a la unidad de obra con la cual se obtuvo, el Constructor deberá efectuar las correcciones necesarias, a satisfacción del Interventor.

En el caso de disipadores y sedimentadores en gaviones, si los documentos del proyecto así lo indican, sobre la superficie compactada se deberá instalar un geotextil de separación, labor que deberá adelantarse de acuerdo con lo indicado en el Artículo 231, numeral 231.4.3.

670.4.2 Disipadores y sedimentadores en gaviones

Las canastas vacías y completamente ensambladas deberán ponerse en su posición final sobre la superficie preparada. No se permite el transporte de canastas llenas.

Antes del llenado, cada canasta se deberá amarrar y/o anclar a las adyacentes, laterales e inferiores, a lo largo de todas las aristas en contacto, tanto horizontales como verticales, y se deberán poner los tirantes tanto permanentes como temporales.

Para obtener un mejor alineamiento y terminado, se deberá tensar la malla de las canastas metálicas, antes del llenado, utilizando una palanca o una barra metálica; como alternativa para garantizar la regularidad del gavión y facilitar su llenado, se podrá utilizar una formaleta de madera en las caras que no estén en contacto con otros gaviones.

Los gaviones serán colocados de abajo hacia arriba, y serán empotrados convenientemente en las laderas, de acuerdo los planos del proyecto y las indicaciones del Interventor.

En todo caso, los trabajos de construcción de disipadores de energía y sedimentadores de gaviones se deberán ceñir a lo establecido en el Artículo 681, numeral 681.4.

Si los documentos del proyecto así lo indican, contra las caras de los gaviones que van a quedar en contacto con los rellenos laterales se deberá instalar un geotextil de separación, labor que se deberá realizar según lo indicado en el numeral 681.4.7 del Artículo 681.

670.4.3 Disipadores y sedimentadores en concreto ciclópeo**670.4.3.1 Construcción de las estructuras**

Una vez preparada la superficie de apoyo, se procederá a colocar las formaletas, las cuales deberán tener una resistencia suficiente para contener la mezcla de concreto, sin que se produzcan deformaciones entre soportes o en las líneas y contornos que se muestran en los planos.

Una vez terminada la colocación de las formaletas, se deberán revisar todos los soportes y corregir cualquier defecto que pueda dar lugar a deformación o falla. Si durante la colocación del concreto se advierten fallas en los soportes, ésta se suspenderá hasta que los puntales débiles hayan sido reforzados suficientemente.

Antes de iniciar la colocación del concreto se deberán limpiar las formaletas de impurezas, incrustaciones de mortero y cualquier otro material extraño.

La mezcla de concreto se deberá diseñar, fabricar, descargar, transportar, entregar, colocar, compactar y curar, conforme se establece en el numeral 630.4 del Artículo 630, "Concreto estructural", de estas especificaciones.

Las juntas de construcción y de expansión se deberán construir en los sitios y en la forma indicada en los planos o determinada por el Interventor.

670.4.3.2 Ejecución de rellenos laterales

Una vez construidas las estructuras y retiradas las formaletas, se ejecutarán los rellenos laterales según el Artículo 610, "Rellenos para estructuras", empleando los materiales indicados en los documentos del proyecto. Los equipos y procedimientos deberán ser los adecuados para lograr la densidad especificada en los documentos del proyecto.

670.4.4 Manejo ambiental

Todas las determinaciones referentes a los trabajos de estructuras hidráulicas en gaviones o concreto ciclópeo deberán ser tomadas considerando la protección del medio ambiente y las disposiciones vigentes sobre el particular.

Entre otras, se deberán tomar las siguientes precauciones:

- Todo material excedente de la excavación o sobrante deberá ser removido de las proximidades de la obra, evitando que coadyuve en su taponamiento.
- Los materiales excedentes deberán ser trasladados a los sitios de depósito autorizados y, por ningún motivo, se permitirá que puedan ser arrastrados hacia cursos de agua.
- Los desagües de las estructuras construidas no deberán provocar erosiones de las vertientes o arrastre de sólidos hacia cursos de agua.

670.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

Según el material utilizado en la construcción, se tendrán en cuenta las condiciones señaladas en el numeral 681.5 del Artículo 681, "Gaviones", o en el numeral 630.5 del Artículo 630, "Concreto estructural".

670.6 MEDIDA

La unidad de medida de los disipadores de energía y sedimentadores en gaviones será el metro cúbico (m^3), aproximado al décimo de metro cúbico. El volumen se determinará sumando los volúmenes de las canastas de gavión instalado y recibido a satisfacción del Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

La unidad de medida de los disipadores de energía y sedimentadores en concreto ciclópeo será el metro cúbico (m^3), aproximado al décimo de metro cúbico. El volumen se determinará según el numeral 630.6 del Artículo 630. El resultado de la

medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

Se medirán por aparte para efectos de pago las excavaciones y los rellenos requeridos para la preparación de la fundación, los rellenos laterales y los geotextiles.

670.7 FORMA DE PAGO

670.7.1 Disipadores de energía y sedimentadores en gaviones

El pago de los disipadores de energía y sedimentadores en gaviones se hará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor. El precio unitario deberá cubrir los costos del suministro, transporte e instalación de las canastas; explotación, cargue, transporte, descargue y colocación del material de relleno; cosida y anclada de las mallas, así como todos los demás costos relacionados con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

670.7.2 Disipadores de energía y sedimentadores en concreto ciclópeo

El pago de los disipadores de energía y sedimentadores en concreto ciclópeo se hará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor. El precio unitario deberá cubrir los costos de suministro del concreto o su elaboración en el sitio de la obra, incluyendo el suministro y transporte de los materiales componentes del concreto, así como el diseño y la preparación de las mezclas; el suministro de materiales y accesorios para las formaletas y la obra falsa y su construcción y remoción; el transporte y colocación de las mezclas, su vibrado, el curado del concreto terminado, la construcción de juntas y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de las obras especificadas.

670.7.3 Consideraciones adicionales

En ambos casos, el precio unitario deberá incluir los costos de construcción o adecuación de las vías de acceso a las fuentes de materiales, la adecuación de las fuentes al término de la explotación para

recuperar sus características hidrológicas superficiales y la obtención de todos los permisos y derechos de explotación.

El precio unitario en los dos casos deberá incluir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

Se pagarán por aparte las excavaciones y rellenos requeridos para la preparación de la fundación, los rellenos laterales y los geotextiles, de acuerdo con las siguientes secciones:

- Excavaciones: Artículo 600, "Excavaciones varias"
- Rellenos: Artículo 610, "Rellenos para estructuras"
- Geotextiles: Artículo 231, "Separación de suelos de subrasante y capas granulares con geotextil"

670.8 ÍTEM DE PAGO

670.1	Disipadores de energía y sedimentadores en gaviones de alambre de acero entrelazado clase 1: recubrimiento de zinc (galvanizado)	Metro cúbico (m ³)
670.2	Disipadores de energía y sedimentadores en gaviones de alambre de acero entrelazado clase 2: recubrimiento de aleación Zn-5A1-MM	Metro cúbico (m ³)
670.3	Disipadores de energía y sedimentadores en gaviones de alambre de acero entrelazado clase 3: recubrimiento de zinc (galvanizado) y PVC	Metro cúbico (m ³)
670.4	Disipadores de energía y sedimentadores en gaviones de alambre de acero entrelazado clase 4: recubrimiento de aleación Zn-5A1-MM y PVC	Metro cúbico (m ³)
670.5	Disipadores de energía y sedimentadores en concreto ciclópeo	Metro cúbico (m ³)

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIA

CUNETAS REVESTIDAS EN CONCRETO

ARTÍCULO 671 – 13

671.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el transporte, suministro, elaboración, manejo, almacenamiento y colocación de los materiales de construcción de cunetas de concreto prefabricadas o fundidas en el lugar. Las cotas de cimentación, las dimensiones, tipos y formas de las cunetas revestidas de concreto deberán ser las indicadas en los planos del proyecto u ordenadas por el Interventor.

En caso necesario, incluye también las operaciones de alineamiento, excavación, conformación de la sección, suministro del material de relleno necesario y compactación del suelo de soporte.

671.2 MATERIALES

671.2.1 Concreto para cunetas vaciadas in situ

El concreto para la construcción de las cunetas vaciadas in situ será del tipo definido en los documentos del proyecto, y su elaboración se hará según lo especificado en el Artículo 630, "Concreto estructural". Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, las cunetas vaciadas in situ sin refuerzo y que no tienen la función de berma-cuneta se construirán con concreto de 14 MPa de resistencia a la compresión a 28 días.

671.2.2 Acero para cunetas vaciadas in situ

Si los documentos del proyecto lo requieren, el acero de refuerzo para la construcción de las cunetas deberá cumplir lo estipulado en el Artículo 640, "Acero de refuerzo".

671.2.3 Piezas prefabricadas

Las piezas prefabricadas deberán cumplir con norma NTC-4109 "Prefabricados de concreto. Bordillos, cunetas, topellantas".

Cada pieza prefabricada tendrá una longitud no menor de un metro (1 m) y sus dimensiones serán las señaladas en los planos del proyecto, sobre las cuales se admiten las tolerancias que se indican en la Tabla 671 - 1.

Tabla 671 – 1. Tolerancia para las dimensiones de las piezas prefabricadas

DIMENSIÓN	TOLERANCIA (mm)
Espesor	± 2
Ancho	± 5
Longitud	± 5

671.2.4 Material de relleno para el acondicionamiento de la superficie de apoyo

Todos los materiales de relleno requeridos para el adecuado soporte de las cunetas, serán seleccionados de los cortes adyacentes o de las fuentes de materiales, según lo establezcan los documentos del proyecto, y deberán cumplir con la condición de seleccionados, según el Artículo 220, "Terraplenes", de estas especificaciones.

671.2.5 Sellante de juntas

Para el sello de las juntas transversales de las cunetas vaciadas en el lugar y todas las longitudinales entre el pavimento y la cuneta se empleará el material indicado en los documentos del proyecto, el cual podrá ser de uno de los siguientes tipos:

- Relleno premoldeado bituminoso, de acuerdo con la especificación AASHTO M 33.
- Relleno premoldeado no bituminoso, resiliente y no extruible, de los tipos I, II, o III de acuerdo con la especificación AASHTO M 33, a no ser que los documentos del proyecto establezcan otra cosa.
- Relleno premoldeado de fibra impregnada de bitumen, resiliente y no extruible, de acuerdo con la especificación AASHTO M 213.
- Sello premoldeado elastomérico para juntas, de acuerdo con la especificación AASHTO M 220.

671.2.6 Juntas con mortero entre piezas prefabricadas de concreto

En el caso de cunetas con piezas prefabricadas, los documentos del proyecto pueden indicar que la unión entre ellas sea con mortero. El mortero estará formado por una (1) parte de cemento hidráulico y tres (3) partes, en masa, de agregado que cumpla los requisitos de la norma NTC 2240 y cuya granulometría se ajuste a lo indicado en la Tabla 671 - 2.

Tabla 671 – 2. Granulometría del agregado para mortero

TAMIZ (mm)	4.75	2.36	0.15	0.075
U.S. Standard	No. 4	No. 8	No. 100	No. 200
% PASA	100	95-100	0-25	0-10

671.3 EQUIPO

Al respecto, es aplicable todo lo que resulta pertinente del numeral 630.3 del Artículo 630, “Concreto estructural”. En caso de que el acondicionamiento de la superficie se efectúe con cargo al presente Artículo, se deberá disponer de elementos para su conformación, para la excavación, cargue y transporte de los materiales, así como equipos manuales de compactación.

671.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**671.4.1 Preparación de la superficie de apoyo**

El Constructor deberá acondicionar la superficie de apoyo de acuerdo con las secciones, pendientes transversales y cotas indicadas en los planos del proyecto o establecidas por el Interventor.

Los procedimientos requeridos para cumplir con esta actividad podrán incluir la excavación, el cargue, el transporte y la disposición en sitios aprobados de los materiales no utilizables, así como la conformación de los utilizables y el suministro, la colocación y la compactación de los materiales de relleno que se requieran para obtener la sección típica prevista.

Cuando el terreno natural sobre el cual se vaya a colocar o construir la cuenta no cumpla la condición de suelo tolerable, será necesario colocar una capa de suelo seleccionado según lo especificado en el Artículo 220, "Terraplenes" de estas especificaciones, mínimo de diez centímetros (10 cm) de espesor, convenientemente nivelada y compactada, de acuerdo con el mismo Artículo.

Durante la construcción de las cunetas se adoptarán las medidas oportunas para evitar erosiones y cambio de características de la superficie de apoyo. A estos efectos, el tiempo que la superficie de apoyo pueda permanecer sin revestir se limitará a lo imprescindible para la puesta en obra del concreto y, en ningún caso, será superior a ocho (8) días.

671.4.2 Elaboración del concreto

El Constructor deberá obtener los materiales y diseñar la mezcla de concreto, elaborarla con la resistencia exigida, transportarla y entregarla, conforme se establece en el numeral 630.4 del Artículo 630, "Concreto estructural".

671.4.3 Cunetas vaciadas in situ

671.4.3.1 Colocación de formaletas para la construcción de cunetas vaciadas en obra

Sobre la superficie preparada, el Constructor instalará las formaletas de manera de garantizar que las cunetas queden construidas con las secciones y los espesores señalados en los planos u ordenados por el Interventor.

671.4.3.2 Construcción de la cuneta

Previo retiro de cualquier materia extraña o suelta y con la superficie de apoyo debidamente preparada, ésta se humedecerá y se procederá a colocar el concreto comenzando por el extremo inferior de la cuneta y avanzando en sentido ascendente de la misma y verificando que su espesor sea, como mínimo, diez centímetros (10 cm) o el señalado en los planos si este es mayor.

El concreto deberá ser consolidado y curado conforme a lo establecido en el Artículo 630, “Concreto estructural”, numerales 630.4.10 y 630.4.15.

El Constructor deberá nivelar cuidadosamente las superficies expuestas para que la cuneta quede con las formas y dimensiones indicadas en los planos. Las pequeñas deficiencias superficiales deberá corregirlas mediante la aplicación de un mortero de cemento de un tipo aprobado por el Interventor.

Tanto si es fundida en sitio como si es prefabricada, la cuneta deberá quedar en permanente contacto en toda su área con el suelo de fundación.

671.4.3.3 Remoción de las formaleatas

Si las operaciones de campo están controladas por ensayos de resistencia a compresión de cilindros, la remoción de formaleatas se realizará cuando se alcance la resistencia fijada en el diseño. En caso contrario, el Interventor establecerá el plazo para ello, el cual no podrá ser menor de cuarenta y ocho horas (48h).

671.4.3.4 Curado

El curado de la cuneta de concreto fundida en el lugar se realizará atendiendo las instrucciones contenidas en el numeral 630.4.15 del Artículo 630.

671.4.4 Cunetas de piezas prefabricadas

En el caso de que la cuneta se construya uniendo elementos prefabricados, no se aceptarán piezas para la instalación que se encuentren con astilladuras, fisuras, grietas, defectos, imperfectos o roturas. Para tal fin, el Constructor deberá garantizar que el transporte, el almacenamiento, el acopio y su manipulación sean adecuados, sin que las piezas sufran tensiones de más del cincuenta por ciento (50 %) de su resistencia característica en ese proceso.

Las piezas de las cunetas prefabricadas se deberán colocar perfectamente alineadas, tan próximas entre sí como sea posible, y con la rasante de la fundación a las cotas previstas. Las piezas se deben asentar firmemente sobre la superficie preparada, de manera que queden en contacto en toda su área con el suelo de fundación.

671.4.5 Juntas

Durante la construcción de cunetas vaciadas in situ, se deberán dejar juntas de contracción a intervalos no mayores de tres metros (3 m) y con la abertura que indiquen los planos u ordene el Interventor. Sus bordes serán verticales y normales al alineamiento de la cuneta. Cuando las cunetas se construyan adosadas a un pavimento rígido, las juntas deberán coincidir con las juntas transversales del pavimento.

En las uniones de las cunetas con las cajas de entrada de las alcantarillas se ejecutarán juntas de dilatación, cuyo ancho estará comprendido entre quince y veinte milímetros (15 - 20 mm). Después del curado del concreto, las juntas se deberán limpiar, colocando posteriormente los materiales de relleno, sellado y protección que figuren en el proyecto.

Las juntas verticales de unión de las piezas prefabricadas se deberán rellenar, cuidadosamente, con un mortero de las características señaladas en el numeral 671.2.6.

Las juntas longitudinales entre el pavimento y la cuneta se deberán rellenar con el producto sellante previsto en los planos, el cual deberá corresponder a uno de los tipos mencionados en el numeral 671.2.5. El empleo de un producto de otras características implicará la elaboración de una especificación particular.

671.4.6 Limpieza final

Al terminar la obra y antes de la aceptación definitiva del trabajo, el Constructor deberá retirar del sitio de las obras todos los materiales excavados o no utilizados, desechos, sobrantes, basuras y cualquier otro elemento de similar característica, restaurando en forma aceptable para el Interventor toda propiedad pública o privada que pudiera haber sido afectada durante la ejecución de este trabajo, y dejando el lugar limpio y presentable. El material retirado se deberá depositar en un sitio aprobado por el Interventor.

671.4.7 Limitaciones de la ejecución

Rigen las mismas indicadas en el numeral 630.4.18 del Artículo 630, "Concreto estructural".

671.4.8 Manejo ambiental

Todas las determinaciones referentes a los trabajos de cunetas revestidas en concreto se deberán tomar considerando la protección del medio ambiente y las disposiciones vigentes sobre el particular. Entre otros, se deberán atender los siguientes procedimientos:

- Todo material sobrante o proveniente de excavaciones deberá ser retirado de las proximidades de las cunetas, transportado y depositado en vertederos autorizados, donde no contamine cursos ni laminas de agua.
- En los puntos de desagüe se deberán disponer las obras de protección requeridas, de manera de evitar procesos de erosión.

671.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

671.5.1 Controles

En adición a los descritos en el numeral 630.5.1 del Artículo 630, el Interventor deberá exigir que la superficie de apoyo quede correctamente acondicionada, antes de colocar la formaleta y verter el concreto o colocar la cuneta prefabricada.

Para las cunetas prefabricadas se deberán comprobar, en el momento del recibo de las mismas, su geometría y sus dimensiones.

671.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**671.5.2.1 Aspectos generales**

El Interventor sólo aceptará cunetas cuya forma corresponda a la indicada en los planos y cuyas dimensiones no difieran de las señaladas en los planos o autorizadas por él por encima de las tolerancias indicadas en el presente Artículo.

Las juntas deberán encontrarse adecuadamente selladas con el producto aprobado, para que el interventor manifieste su conformidad con esta parte del trabajo.

El Interventor se abstendrá de aceptar cunetas terminadas con depresiones excesivas, traslapes desiguales o variaciones apreciables en la sección, que impidan el normal escurrimiento de las aguas superficiales. Las deficiencias superficiales de las cunetas vaciadas en el lugar que, a su juicio sean pequeñas, serán corregidas por el Constructor, sin costo adicional para el INVÍAS.

Se cuidará la terminación de las superficies, no permitiéndose irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm), medidas con respecto a una regla de tres metros perfectamente alineada y derecha.

671.5.2.2 Calidad del concreto

En relación con la calidad del cemento, agua, agregados y eventuales aditivos y productos químicos de curado, se aplicarán los criterios expuestos en los numerales 630.5.2.1, 630.5.2.2, 630.5.2.3 y 630.5.2.4, respectivamente, del Artículo 630, "Concreto estructural".

En relación con la calidad de la mezcla, se aplicará lo descrito en el numeral 630.5.2.5 del mismo Artículo, excepto lo pertinente a la ejecución de pruebas de carga a expensas del Constructor. En consecuencia, si en caso de discusión, la resistencia de los núcleos tomados de la obra ejecutada no resulta satisfactoria, el Interventor rechazará las piezas o el tramo representado por dichos núcleos.

En el caso de las piezas prefabricadas, se impedirá su colocación y en el caso que la cuneta haya sido fundida en el lugar, el Constructor deberá demoler la obra ejecutada, remover los escombros, cargarlos, transportarlos y depositarlos en sitios aprobados y mediante procedimientos satisfactorios para el Interventor, y reconstruirá la cuneta en acuerdo al presente Artículo, operaciones que deberá realizar sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

671.5.2.3 Cunetas vaciadas in situ

Para el concreto vaciado in situ, aplicarán las disposiciones del Artículo 630, según se ha descrito en el numeral 671.5.2.2 del presente Artículo.

La tolerancia para el espesor es de un centímetro (1 cm) por defecto.

671.5.2.4 Cunetas con piezas prefabricadas

Para las piezas prefabricadas, aplicarán las disposiciones de la norma NTC 4109. No se aceptarán piezas para la instalación que se encuentren con astilladuras, fisuras, grietas, defectos, imperfectos o roturas, o con dimensiones que no satisfagan las tolerancias indicadas en la Tabla 671 - 1.

671.6 MEDIDA

671.6.1 Cunetas vaciadas in situ

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3), aproximado al décimo de metro cúbico, de cuneta satisfactoriamente elaborada y terminada, de acuerdo con la sección transversal, cotas y alineamientos indicados en los planos o determinados por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

El volumen se determinará multiplicando el área por el espesor de construcción señalados en los planos u ordenados por el Interventor, en los tramos donde el trabajo haya sido aceptado por éste. Dentro de la medida se deberán incluir, también, los descoles y bajantes de agua revestidos en concreto, correctamente contruidos.

Se medirá por aparte el acero de refuerzo efectivamente colocado, en kilogramos (kg) con aproximación al entero, según los detalles de los planos. No se medirá para efectos de pago el acero constructivo (soportes, separadores, silletas de alambre o elementos similares utilizados para mantener el refuerzo en su sitio).

671.6.2 Cunetas de piezas prefabricadas

En el caso de cunetas de piezas prefabricadas, la unidad de medida será el metro lineal (m), aproximado al entero, de cuneta satisfactoriamente elaborada y terminada, de acuerdo con la sección transversal, cotas y alineamientos indicados en los planos o determinados por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

El Interventor no autorizará el pago de trabajos efectuados por fuera de los límites especificados, ni el de cunetas cuyas dimensiones o resistencia sean inferiores a las de diseño.

671.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de explotación, suministro, transporte, colocación y compactación de los materiales apropiados de relleno necesarios para el acondicionamiento previo de la superficie; la elaboración, el suministro, la colocación y el retiro de formaletas cuando corresponda; la explotación de agregados, incluidos todos los permisos y derechos para ello; el suministro de todos los materiales necesarios para elaborar la mezcla de concreto, su diseño, elaboración, descárgue, transporte, entrega, colocación, vibrado y curado; la manufactura, el transporte, la entrega en obra y la correcta instalación de las piezas prefabricadas de concreto; la ejecución de las juntas, incluyendo el suministro y la colocación del material sellante; el suministro de materiales, la elaboración y la colocación del mortero requerido para las pequeñas correcciones superficiales y para la unión de las piezas prefabricadas; la señalización preventiva de la vía durante la ejecución de los trabajos; la limpieza final del sitios de las obras; todo equipo y mano de obra requeridos para la elaboración y terminación de las cunetas y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

Solamente habrá pago separado, si se requiere, por concepto del suministro y colocación del acero de refuerzo en las cunetas vaciadas in situ, actividad que se pagará bajo el Artículo 640, "Acero de refuerzo".

En relación con la conformación de la superficie de apoyo, se considera cubierta por el Artículo 210, “Excavación de la explanación, canales y préstamos”, o por el Artículo 310, “Conformación de la calzada existente” y, por lo tanto, no habrá lugar a pago separado por dicho concepto, salvo que una o ambas actividades no estén comprendidas en el mismo contrato, caso en el cual su costo se deberá incluir dentro del precio unitario de la cuneta revestida en concreto. En el caso de los descoles, la preparación de la superficie quedara cubierta por el Artículo 600, “Excavaciones Varias”.

671.8 ÍTEM DE PAGO

671.1	Cuneta de concreto vaciada in situ; no incluye la conformación de la superficie de apoyo.	Metro cúbico (m ³)
671.2	Cuneta de piezas prefabricadas de concreto; no incluye la conformación de la superficie de apoyo.	Metro lineal (m)
671.3	Cuneta de concreto vaciada in situ; incluye la conformación de la superficie de apoyo.	Metro cúbico (m ³)
671.4	Cuneta de piezas prefabricadas de concreto; incluye la conformación de la superficie de apoyo.	Metro lineal (m)

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente
NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

BORDILLOS EN CONCRETO

ARTÍCULO 672 – 13

672.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste la construcción de bordillos de concreto con piezas prefabricadas o vaciados in situ, en los sitios y con las dimensiones, alineamientos y cotas indicados en los planos u ordenados por el Interventor.

En caso necesario, incluye también la preparación de la superficie de apoyo.

672.2 MATERIALES

672.2.1 Concreto para bordillos vaciados in situ

El concreto para la construcción de los bordillos vaciados in situ será del tipo definido en los documentos del proyecto, y su elaboración se hará según lo especificado en el Artículo 630, “Concreto estructural”. Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, el concreto tendrá una resistencia mínima a la compresión de 14 MPa a 28 días, y el tamaño máximo nominal del agregado pétreo no será mayor que 19.0 mm (3/4”).

672.2.2 Mortero

Cuando se requiera mortero para el asiento o unión de bordillos, deberá tener una dosificación mínima de cuatrocientos cincuenta kilogramos de cemento hidráulico por metro cúbico (450 kg/m³) de mortero.

672.2.3 Acero de refuerzo para bordillos vaciados in situ

Si el bordillo de concreto requiere acero de refuerzo, éste deberá cumplir con lo estipulado en Artículo 640, “Acero de refuerzo”.

672.2.4 Piezas prefabricadas

Las piezas prefabricadas deberán cumplir con la norma NTC 4109 “Prefabricados de concreto. Bordillos, cunetas, topellantas”.

672.2.5 Sellante de juntas

Para el sello de las juntas transversales de los bordillos vaciados in situ y todas las longitudinales entre el pavimento y el bordillo se empleará el material indicado en los documentos del proyecto, el cual podrá ser de uno de los siguientes tipos:

- Relleno premoldeado bituminoso, de acuerdo con la especificación AASHTO M 33.
- Relleno premoldeado no bituminoso, resiliente y no extruible, de los tipos I, II, o III de acuerdo con la especificación AASHTO M 33, a no ser que los documentos del proyecto establezcan otra cosa.
- Relleno premoldeado de fibra impregnada de bitumen, resiliente y no extruible, de acuerdo con la especificación AASHTO M 213.
- Sello premoldeado elastomérico para juntas, de acuerdo con la especificación AASHTO M 220.

En general, se aceptarán sellantes de juntas del tipo elastomérico sintético, morteros especiales o perfiles elásticos, con materiales de relleno y protección cuando sea necesario, que cumplan con los requerimientos definidos por las especificaciones particulares del proyecto.

672.2.6 Juntas con mortero entre piezas prefabricadas de concreto

En el caso de bordillos con piezas prefabricadas, los documentos del proyecto pueden indicar que la unión entre ellas sea con mortero. El mortero estará formado por una (1) parte de cemento hidráulico y tres (3) partes, en masa, de agregado que cumpla los requisitos de la norma NTC 2240 y cuya granulometría se ajuste a lo indicado en la Tabla 672 - 1.

Tabla 672 – 1. Granulometría del agregado para mortero

TAMIZ (mm)	4.75	2.36	0.15	0.075
U.S. Standard)	No. 4	No. 8	No. 100	No. 200
% PASA	100	95-100	0-25	0-10

672.3 EQUIPO

Al respecto, rige todo lo que sea aplicable del numeral 630.3 del Artículo 630, “Concreto estructural”.

Los bordillos también podrán ser prefabricados, caso en el cual se deberá disponer de formaleta metálica que permita su confección con las dimensiones especificadas.

Se podrán emplear, además, máquinas que fundan los bordillos en el lugar con las dimensiones especificadas.

672.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

672.4.1 Preparación de la superficie de apoyo

Si la superficie de apoyo corresponde a una capa granular, ésta deberá ser nivelada y compactada, como mínimo, al noventa y cinco por ciento (95 %) de la densidad seca máxima del ensayo modificado de compactación de referencia (norma de ensayo INV E-142), previa la corrección que se requiera por presencia de partículas gruesas según se establece en la norma INV-E-143. La superficie compactada, deberá ser humedecida inmediatamente antes de colocar el concreto sobre ella.

Si la superficie de apoyo es un pavimento existente o un piso rígido, se deberá picar con cincel y martillo u otro elemento que produzca el mismo efecto, en los sitios y con la intensidad que establezca el Interventor.

Cuando la construcción se realice con piezas prefabricadas, la superficie granular o pavimentada, preparada como se acaba de indicar, deberá ser tratada con una capa del mortero mencionado en el numeral 672.2.2, en la cantidad que autorice el Interventor.

En el caso de bordillos fundidos sobre las losas de un pavimento construido en el mismo contrato, al fundir éstas se deberán dejar ancladas las varillas de refuerzo del bordillo.

La construcción de bordillos de concreto sobre suelos blandos o expansivos u otros materiales inadecuados no está permitida. En tal caso, se deberán efectuar los reemplazos que establezcan los documentos del proyecto o autorice el interventor.

672.4.2 Bordillos vaciados in situ manualmente**672.4.2.1 Colocación de formaletas para vaciado manual**

Sobre la superficie preparada, el Constructor instalará la formaleta. La formaleta, que deberá ser metálica, salvo que el Interventor autorice expresamente el empleo de formaleta de madera, se colocará y asegurará firmemente, de manera que el alineamiento y las dimensiones del bordillo correspondan a lo previsto en los documentos del proyecto.

La formaleta deberá tener la rigidez suficiente para soportar la presión del concreto fresco sin sufrir distorsiones.

672.4.2.2 Elaboración del concreto

El Constructor deberá diseñar la mezcla de concreto, elaborarla para que alcance la resistencia exigida, transportarla y entregarla, conforme se establece en el numeral 630.4.2, del Artículo 630 "Concreto estructural".

672.4.2.3 Construcción del bordillo

Previo el retiro de cualquier materia extraña o suelta que se encuentre en la superficie sobre la cual se va a construir el bordillo, el concreto se colocará, vibrará y curará según se establece en el numeral 630.4 del Artículo 630.

En el caso de requerir anclajes, éstos se deberán ceñir a lo establecido en los documentos del proyecto o lo que determine el Interventor, en cuanto a su geometría, profundidad de fijación y materiales de colocación.

672.4.2.4 Juntas

Se deberán proveer juntas de expansión a intervalos no mayores de seis metros (6.0 m), las cuales deberán tener el ancho que fijen los planos. Dicho espacio se rellenará con el material sellante aprobado.

En el caso de bordillos vaciados sobre pavimentos de concreto, sus juntas deberán coincidir con las juntas transversales del pavimento.

672.4.2.5 Acabado

Las formaletas se quitarán antes de que haya fraguado totalmente el concreto y luego se alisarán las caras superiores y adyacentes al pavimento, con llana o palustres, para producir una superficie lisa y uniforme.

672.4.2.6 Curado

El curado se deberá efectuar mediante un método aprobado por el Interventor y durante el período que fije éste, el cual no podrá ser inferior a diez (10) días.

672.4.3 Concreto vaciado con máquina

Los bordillos se podrán fabricar con un equipo diseñado especialmente para esta clase de trabajo, si se garantiza que con él se obtienen los alineamientos, dimensiones y acabados previstos en los documentos del proyecto.

En este caso, la mezcla se diseñará y elaborará conforme se indica en el numeral 672.4.2.2, pero se deberá tomar la precaución de que su consistencia sea tal, que el bordillo conserve su forma al ser retirada la formaleta de la máquina.

El concreto se verterá en la máquina constructora del bordillo, la cual lo elaborará siguiendo el alineamiento previsto. Cualquier desprendimiento o imperfección pequeña, podrá ser reparada manualmente con ayuda de llanas y palustres.

Al bordillo se le harán ranuras en su parte superior en el espesor y con la separación que determinen los planos del proyecto.

El curado del bordillo se efectuará conforme se indica en el numeral 672.4.2.6.

672.4.4 Bordillos de piezas prefabricadas**672.4.4.1 Diseño y elaboración de la mezcla**

El Constructor someterá a consideración del Interventor los materiales para la elaboración del concreto. Una vez aprobados, diseñará la mezcla, de manera de garantizar la resistencia especificada, y la elaborará, conforme se establece en los numerales 630.4.2 y 630.4.5, respectivamente, del Artículo 630.

672.4.4.2 Fabricación

Los bordillos prefabricados se elaborarán en piezas de longitud mínima de un metro (1.0 m) y con las formas y demás dimensiones establecidas en los planos del proyecto.

La sección transversal de los bordillos curvos será la misma que la de los rectos, y su directriz se ajustará a la curvatura del elemento constructivo en que vayan a ser colocados.

672.4.4.3 Colocación de los bordillos

Las piezas se asentarán sobre el lecho de mortero, siguiendo el alineamiento previsto y se colocarán dejando entre ellas un espacio de, aproximadamente, cinco milímetros (5 mm), el cual se rellenará con mortero del mismo tipo que el empleado en el asiento.

En el caso de requerir anclajes, éstos se deberán ceñir a los planos del proyecto o a las indicaciones del Interventor.

672.4.5 Manejo ambiental

Todas las determinaciones referentes a los trabajos de bordillos deberán ser tomadas considerando la protección del medio ambiente y las disposiciones vigentes sobre el particular.

672.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

672.5.1 Controles

Resultan aplicables los descritos en el numeral 630.5.1 del Artículo 630, de las presentes especificaciones.

672.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

El Interventor sólo aceptará bordillos cuya forma corresponda a la indicada en los planos y cuyas dimensiones no difieran de las señaladas en los planos o autorizadas por él y siempre que éstas no se encuentren por encima de las tolerancias indicadas en el presente Artículo.

En lo que se refiere a la calidad del cemento, agua, agregados y eventuales aditivos y productos químicos de curado, se aplicarán los criterios expuestos en los numerales 630.5.2.1, 630.5.2.2, 630.5.2.3 y 630.5.2.4, respectivamente, del Artículo 630, "Concreto estructural".

En relación con la calidad de la mezcla, se aplicará lo indicado al respecto en el numeral 671.5.2.2 del Artículo 671, "Cunetas revestidas en concreto".

En relación con la calidad del acero para el refuerzo, se aplicarán los criterios del numeral 640.5.2 del Artículo 640, "Acero de refuerzo".

En relación con la calidad del producto terminado, el Interventor no aceptará bordillos que presenten desperfectos de alineamiento o cuya sección transversal presente variaciones, en ancho o altura, superiores a diez milímetros (10 mm), con respecto a las dimensiones señaladas en los planos.

Las juntas se deberán encontrar adecuadamente selladas con el producto aprobado, para que el Interventor manifieste su conformidad con esta parte del trabajo.

El Interventor no aceptará bordillos que presenten desperfectos de alineamiento o cuya sección transversal presente variaciones, en ancho o altura, superiores a diez milímetros (10 mm), con respecto a las dimensiones señaladas en los planos.

Todo bordillo de concreto donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de la presente especificación, deberá ser corregido por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

En el caso de piezas prefabricadas, aplicarán, además, las disposiciones de la norma NTC-4109. No se aceptarán piezas para la instalación que se encuentren con astilladuras, fisuras, grietas, defectos, imperfectos o roturas.

672.6 MEDIDA

La unidad de medida será el metro lineal (m), aproximado al decímetro, de bordillo satisfactoriamente elaborado y terminado, de acuerdo con la sección transversal, cotas y alineamientos indicados en los planos o determinados por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

En el caso de bordillos vaciados “in situ”, se medirá por aparte el acero de refuerzo efectivamente colocado, en kg con aproximación al entero, según los detalles de los planos. No se medirá para efectos de pago el acero constructivo (soportes, separadores, silletas de alambre o elementos similares utilizados para mantener el refuerzo en su sitio).

No se medirán, para efectos de pago, longitudes de bordillos en exceso de las indicadas en los planos u ordenadas por el Interventor.

672.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación, y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por elaboración, suministro, colocación y retiro de formaletas; la explotación de agregados, incluidos los permisos y derechos para ello, el suministro de todos los materiales necesarios para elaborar la mezcla de concreto y el mortero; el diseño, la elaboración, la descarga, el transporte, la entrega, la colocación, el vibrado y el curado del concreto; la elaboración del mortero cuando se requiera su empleo, su transporte y su

colocación; la ejecución de juntas, incluyendo el suministro y la colocación del material sellante, la señalización preventiva de la vía durante la construcción de los bordillos, todo equipo y mano de obra requeridos para su elaboración y terminación y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

La preparación de la superficie de apoyo se considera incluida en el ítem referente a la ejecución de la capa a la cual corresponde dicha superficie y, por lo tanto, no habrá lugar a pago separado por este concepto, salvo que dicho ítem no forme parte del mismo contrato, caso en el cual el Constructor deberá considerar el costo de la preparación de la superficie existente dentro del precio unitario del bordillo de concreto.

Solamente habrá pago separado, si se requiere, por concepto del suministro y colocación del acero de refuerzo de los bordillos de concreto vaciados in situ, actividad que se pagará bajo el Artículo 640, "Acero de refuerzo".

672.8 ÍTEM DE PAGO

672.1	Bordillo de concreto vaciado in situ; no incluye la preparación de la superficie de apoyo	Metro lineal (m)
672.2	Bordillo de piezas prefabricadas de concreto; no incluye la preparación de la superficie de apoyo	Metro lineal (m)
672.3	Bordillo de concreto vaciado in situ; incluye la preparación de la superficie de apoyo	Metro lineal (m)
672.4	Bordillo de piezas prefabricadas de concreto; incluye la preparación de la superficie de apoyo	Metro lineal (m)

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente
NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

SUBDRENES CON GEOTEXTIL Y MATERIAL GRANULAR

ARTÍCULO 673 – 13

673.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la construcción de subdrenes con geotextil y material granular, en los sitios señalados en los planos del proyecto o indicados por el Interventor.

La colocación de un geotextil en contacto con el suelo permite el paso del agua, a largo plazo, dentro del sistema de drenaje subsuperficial, reteniendo el suelo adyacente. Las características del geotextil para filtración serán función de la gradación del suelo del sitio y de las condiciones hidráulicas del mismo.

El presente Artículo establece los criterios y procedimientos para garantizar la calidad del geotextil y su supervivencia frente a los esfuerzos producidos durante la instalación, de conformidad con los planos del proyecto o las instrucciones del Interventor.

Si los documentos especifican el suministro e instalación de una capa de arena de filtro entre el suelo y el geotextil y/o la instalación de una tubería perforada dentro del material filtrante, estos aspectos deberán ser objeto de una especificación particular.

673.2 MATERIALES

673.2.1 Geotextil

En general, se podrán emplear geotextiles cuyas fibras estén elaboradas a partir de polímeros sintéticos de cadena larga, compuestos con un porcentaje mínimo del 95 % en masa de poliolefinas o poliéster; la misma composición aplica para los hilos de las costuras. Las fibras del geotextil deberán conformar una red estable que mantenga la estabilidad dimensional entre ellas, incluyendo los bordes.

El tipo y las propiedades requeridas del geotextil serán los establecidos en los documentos del proyecto en función de las características y condiciones del mismo y los procedimientos de instalación, así como de la granulometría, de la plasticidad y de las condiciones hidráulicas del suelo.

En este numeral se indican las propiedades mínimas que deberá tener el geotextil para aplicaciones rutinarias de separación y drenaje.

El geotextil escogido en el diseño deberá tener las siguientes características de comportamiento:

- Deberá tener la capacidad para dejar pasar el agua, a largo plazo, hacia el material drenante.
- Deberá retener las partículas de suelo en su sitio y prevenir su movimiento a través del geotextil.
- Si algunas partículas de suelo se mueven, el geotextil deberá dejarlas pasar sin que se obstruyan los poros del mismo o se forme una película que restrinja el paso del agua.

Se deberán usar geotextiles no tejidos o tejidos, siempre y cuando estos últimos no sean de hilos o cintas planas; dependiendo de las condiciones hidráulicas y del suelo, así como de la función definida en el diseño, podrá ser preferible usar uno u otro tipo de geotextil, para lo cual se deberán tener en cuenta las indicaciones dadas en la siguiente publicación:

- FHWA NHI-07-092, NHI Course No. 132013, *Geosynthetic Design & Construction Guidelines* (Guías para el diseño y construcción con geosintéticos)

Las propiedades de los geotextiles se expresan en términos de valores mínimos promedio por rollo (VMPR). El valor mínimo promedio por rollo (VMPR) es una herramienta de control de calidad que le permite a los fabricantes establecer los valores en sus certificados de manera que el comprador tenga un nivel de confianza del 97.7 % de que las propiedades, medidas sobre el producto que compra, cumplen con los valores certificados. Para datos que tengan una distribución normal, el valor VMPR se calcula como el valor típico menos dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores mínimos, o más dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores máximos.

Los valores promedio de los resultados de los ensayos practicados a cualquier rollo deberán satisfacer los requisitos establecidos en este Artículo.

673.2.1.1 Propiedades mecánicas

Las propiedades de resistencia de los geotextiles dependen de los requerimientos de supervivencia y de las condiciones y de los procedimientos de instalación. Las propiedades mecánicas para condiciones normales de instalación se especifican en la Tabla 673 - 1 en términos de valores mínimos promedio por rollo (VMPR).

Tabla 673 – 1. Propiedades mecánicas del geotextil en términos de VMPR
(Medidas en el sentido más débil del geotextil)

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO ASTM	REQUISITO (VMPR)	
		GEOTEXTILES TEJIDOS	GEOTEXTILES NO TEJIDOS
Elongación	D 4632	< 50%	≥ 50%
Resistencia a la tensión Grab (N), valor mínimo	D 4632	1100	700
Resistencia a la costura (N), valor mínimo	D 4632	990	630
Resistencia a la penetración con pistón de 50 mm de diámetro (N), valor mínimo	D 6241	2200	1375
Resistencia al rasgado trapezoidal (N), valor mínimo (Nota 1)	D 4533	400	250

Nota 1: El VMPR para la resistencia al rasgado trapezoidal de los geotextiles tejidos monofilamento deberá ser de 250 N.

673.2.1.2 Propiedades hidráulicas y de filtración

Las propiedades hidráulicas y de filtración mínimas que deberá cumplir el geotextil se indican en la Tabla 673 - 2 en términos de valores mínimos promedio por rollo (VMPR); estas propiedades están en función del contenido de finos (porcentaje de suelo que pasa el tamiz No. 200) del suelo que va a quedar en contacto con el geotextil.

Adicionalmente a los requisitos de permitividad, los documentos del proyecto podrán especificar requisitos de permeabilidad, determinada según la norma de ensayo ASTM D 4491 (por ejemplo, que sea una o varias veces superior a la permeabilidad del suelo) y/o de ensayos de comportamiento basados en los diseños para sistemas de drenaje en condiciones de suelos problemáticos.

Se requerirán diseños particulares del geotextil para drenaje y filtración especialmente para las siguientes condiciones de suelos problemáticos: suelos inestables o altamente erosionables, tales como limos no cohesivos; suelos de gradación discontinua; suelos estratificados con alternancia de capas arenosas y limosas; suelos dispersivos o polvo de roca.

Tabla 673 – 2. Propiedades hidráulicas y de filtración mínimas del geotextil en términos de VMPR

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO ASTM	PORCENTAJE DE SUELO PASA TAMIZ 0.075 mm (No. 200) (Nota 1)		
		< 15	15 a 50	> 50
		REQUISITO (VMPR)		
Permitividad, valor mínimo (s^{-1}). (Nota 3)	D 4491	0.5	0.2	0.1
Tamaño de abertura aparente (TAA), valor máximo (mm). (Nota 3)	D 4751	0.43 (Tamiz No. 40)	0.25 (Tamiz No. 60)	0.22 (Tamiz No. 70) (Nota 2)
Estabilidad ultravioleta después de 500 h de exposición, valor mínimo	D 4355	50 %		

Nota 1: El porcentaje de suelo que pasa el tamiz No. 200 corresponde a la fracción de la granulometría (norma de ensayo INV E-123) del suelo aguas arriba del geotextil.

Nota 2: El valor del tamaño de abertura aparente (TAA) representa el valor máximo promedio por rollo. Para suelos cohesivos con un índice de plasticidad mayor a siete (7), el valor máximo promedio por rollo de tamaño de abertura aparente deberá ser de treinta centésimas de milímetro (0.30 mm).

Nota 3: Estos valores de las propiedades de filtración se basan en la granulometría predominante del suelo.

673.2.1.3 Control de calidad de la producción

El fabricante de los geotextiles deberá contar con un proceso de producción que cuente con un sistema de gestión de la calidad certificado bajo la norma ISO 9001. El laboratorio, propio o externo, que se use para realizar los ensayos de control de la calidad de la producción, deberá estar acreditado bajo la norma ISO/IEC 17025 o contar con una acreditación GAI-LAP del Instituto de Acreditación de Geosintéticos, GAI.

El fabricante o proveedor deberá suministrar el programa de control de calidad y los datos de soporte, donde se indiquen

los requisitos de ensayos, los métodos de ensayo, la frecuencia de los ensayos, los criterios de aceptación en la fabricación y el tamaño del lote para evaluación de cada producto.

673.2.2 Material granular drenante

Podrá provenir de la trituración de roca o ser de cantos rodados, o una mezcla de ambos, y estará constituido por fragmentos duros y resistentes a la acción de los agentes del intemperismo. Además, deberá cumplir con los siguientes requisitos:

673.2.2.1 Granulometría

El material drenante deberá estar constituido por partículas con tamaños comprendidos entre el tamiz de setenta y cinco milímetros (3") y el tamiz de diecinueve milímetros (3/4"). No se requiere ninguna gradación especial, permitiéndose el uso de fragmentos de un solo tamaño. Las partículas podrán ser angulares o redondeadas o una combinación de ellas.

673.2.2.2 Calidad de las partículas minerales

El material deberá estar libre de partículas finas y de material orgánico. En la Tabla 673 - 3 se indican los requisitos que deberá cumplir el material granular para filtros.

673.2.3 Material de cobertura

El material de cobertura para el subdrén deberá cumplir los requisitos establecidos en los documentos del proyecto; podrá ser material proveniente de la excavación; material impermeable, con contenido de finos (% que pasa el tamiz No. 200) mínimo de 35% e índice de plasticidad mínimo de 10 %; material de recebo (Artículo 610, numeral 610.2.2) o material granular tipo SBG (Artículo 610, numeral 610.2.3).

Tabla 673 – 3. Requisitos del material granular drenante

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	VALOR
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles (%)	E-219	≤ 40
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos	E-220	≤ 12 ≤ 18
- Sulfato de sodio (%)		
- Sulfato de magnesio (%)		
Limpieza (F)		
Terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	0,25
Partículas livianas, máximo (%)	E-221	1.0
Contenido de materia orgánica (%)	E-121	0

673.3 EQUIPO

Se deberá disponer de los equipos necesarios para colocar el geotextil y para explotar, triturar, procesar, cargar, transportar, colocar y compactar el material drenante. También para colocar y compactar el material que sellará el filtro, así como para su explotación, trituración, procesamiento, cargue y transporte.

673.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

673.4.1 Generalidades

El Interventor exigirá al Constructor que los trabajos se efectúen con una adecuada programación entre las actividades de apertura de la excavación y de construcción del subdrén, de manera que aquella quede expuesta el menor tiempo posible para evitar que el material in-situ alrededor de la excavación pierda sus condiciones iniciales.

Las labores de explotación de materiales y elaboración de agregados para el material drenante y material de cobertura diferente al material de excavación, se deberán ejecutar de acuerdo con lo establecido en el Artículo 105, "Desarrollo y control de los trabajos", numeral 105.13.3.

Será responsabilidad del Constructor la colocación de elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, la cual deberá ser visible durante las veinticuatro (24) horas del día.

673.4.2 Preparación del terreno

La construcción del subdrén solo será autorizada por el Interventor cuando la excavación haya sido terminada, de acuerdo con las dimensiones, las pendientes, las cotas y las rasantes indicadas en los planos del proyecto o las ordenadas por el Interventor. La excavación se deberá ejecutar de acuerdo con lo indicado en el Artículo 600 “Excavaciones Varias” de estas especificaciones

673.4.3 Condiciones normales de instalación del geotextil

El geotextil se deberá colocar cubriendo totalmente la parte inferior y las paredes laterales de la excavación, evitando que se produzcan arrugas y asegurando el contacto permanente con el suelo, sin que queden vacíos entre geotextil y suelo. Se deberá dejar por encima la cantidad de geotextil suficiente para que, una vez se acomode el material drenante, se cubra en su totalidad con un traslapo mínimo de treinta centímetros (0.30 m) o mediante la realización de una costura industrial. Los tramos sucesivos de geotextil se traslaparán longitudinalmente cuarenta y cinco centímetros (0.45 m) como mínimo y se deberá traslapar o coser el geotextil aguas arriba sobre el geotextil aguas abajo.

El Constructor deberá tener el suficiente cuidado durante el manejo e instalación del geotextil, de manera que éste no se contamine. Si el geotextil se contamina, el Constructor deberá removerlo y reemplazarlo con material nuevo, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

No se permitirá que el geotextil quede expuesto, sin cubrir, por un lapso mayor a tres (3) días.

673.4.4 Elaboración de costuras

Las costuras deberán cumplir con los siguientes requisitos mínimos:

- El tipo de hilo deberá ser kevlar, aramida, polietileno, poliéster o polipropileno. No se permitirán hilos elaborados totalmente con fibras naturales, ni hilos de nylon. Cuando se propongan hilos compuestos por fibras sintéticas y fibras naturales, no se permitirán aquellos que

tengan diez por ciento (10 %) o más, en peso, de fibras naturales. Tampoco se permitirán costuras elaboradas con alambres.

- El tipo de puntada podrá ser simple (Tipo 101) o de doble hilo, también llamada de seguridad (Tipo 401).
- La densidad de la puntada deberá ser, como mínimo, de ciento cincuenta a doscientas (150 – 200) puntadas por metro lineal.
- La tensión del hilo se deberá ajustar en el campo de tal forma que no corte el geotextil, pero que sea suficiente para asegurar una unión permanente entre las superficies a coser. Si se hace la costura a mano, se deberán tener los cuidados necesarios para que al pasar el hilo, el rozamiento no “funda” las fibras del geotextil.
- Dependiendo del tipo de geotextil y del nivel de esfuerzos a que se va a solicitar, el tipo de costura se podrá realizar en diferentes configuraciones y con una o varias líneas de costura, siempre y cuando se asegure la correcta transferencia de la tensión.
- La resistencia a la tensión de la unión, de acuerdo con la norma ASTM D 4632, deberá ser, como mínimo, el 90 % de la resistencia a la tensión Grab del geotextil que se está cosiendo, medida de acuerdo a la misma norma de ensayo.

673.4.5 Colocación del material granular drenante

El material drenante se colocará dentro de la zanja en capas con el espesor autorizado por el Interventor y empleando un método que no dé lugar a daños en el geotextil o en las paredes de la excavación. La compactación del material drenante se deberá realizar utilizando procedimientos apropiados, buscando el acomodamiento de las partículas y el contacto permanente y completo entre el geotextil y el suelo.

Para las condiciones normales de instalación, la altura máxima de caída del material no deberá exceder un metro (1 m).

El relleno de material drenante se llevará a cabo hasta la altura indicada en los planos o la autorizada por el Interventor.

673.4.6 Cobertura del subdrén

Completado el relleno del subdrén con el material drenante, éste se cubrirá totalmente con el geotextil haciendo los traslajos o las costuras según los numerales 673.4.3 y 673.4.4 de este Artículo.

El geotextil se cubrirá inmediatamente con el tipo de material especificado en los documentos del proyecto, que cumpla con los requisitos pertinentes entre los mencionados en el numeral 673.2.3.

El material de cobertura se colocará y compactará en capas sucesivas de espesor no mayor a quince centímetros (15 cm), hasta la altura requerida en los planos u ordenada por el Interventor. La densidad seca del material de cobertura, una vez compactado, deberá ser igual o mayor al noventa y cinco por ciento (95 %) de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo Proctor modificado, según la norma INV E-142, corregida por la presencia de sobretamaños, si se requiere, según la norma de ensayo INV E-143.

673.4.7 Control del tránsito

El Constructor deberá instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, los cuales deberán garantizar la permanente seguridad del tránsito de vehículos y equipos de construcción.

673.4.8 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá adelantar los trabajos objeto del presente Artículo cuando la temperatura ambiente sea inferior a cinco grados Celsius (5° C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

Los trabajos se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

673.4.9 Reparaciones

Todos los defectos que se presenten en excavación de la zanja; en la extensión, en los traslajos, en las costuras, en los cortes o en los dobleces del geotextil; en la colocación y compactación tanto del material drenante como de cobertura; así como los que se deriven de un incorrecto control del tránsito recién terminados los trabajos, deberán ser corregidos por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones del Interventor, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

673.4.10 Manejo ambiental

Todas las labores de fabricación de subdrenes con geotextil y material granular se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los documentos o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales.

673.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

673.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo utilizado por el Constructor.
- Verificar que las excavaciones tengan las dimensiones y pendientes señaladas en los planos o las ordenadas por el Interventor, antes de iniciar la construcción del filtro.
- Comprobar que los materiales a utilizar cumplan con los requisitos exigidos por la presente especificación.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados durante el período de ejecución de la obra.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado, en cuanto a la elaboración y la colocación de los agregados, la colocación del geotextil y la colocación de la capa de cobertura del subdrén.

- Supervisar la correcta disposición de los materiales sobrantes en los sitios definidos para este fin.
- Comprobar que durante el transporte y el almacenamiento, los geotextiles tengan los empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo, y otros materiales que puedan afectar sus propiedades
- Verificar que cada rollo de geotextil tenga en forma clara la información del fabricante, el número del lote y la referencia del producto, así como la composición química del mismo.
- Efectuar ensayos de control sobre el geotextil, en un laboratorio independiente al del fabricante o proveedor, y al material granular drenante. Los ensayos de control relacionados con el geotextil, se deberán hacer de conformidad con lo establecido en las normas de ensayo ASTM D 4354 y ASTM D 4759.

El Interventor medirá, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas a satisfacción.

673.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

673.5.2.1 Calidad del geotextil

Por cada lote de rollos que llegue a la obra, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante del geotextil, donde se establezca el nombre del producto, la composición química relevante de los filamentos o cintas y toda la información que describa al geotextil, así como los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer todas las condiciones establecidas en las Tablas 673 - 1 y 673 - 2. El Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de geotextil que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Dicha constancia no evitará, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del Interventor ni implica, necesariamente, la aceptación de la entrega.

Además, el Interventor deberá escoger al azar un número de rollos equivalente a la raíz cúbica del número total de rollos que conformen el lote. Se evaluarán rollos estándar con un

área entre cuatrocientos y seiscientos metros cuadrados (400 y 600 m²) cada uno. En el caso de rollos con áreas diferentes, el total de metros cuadrados se deberá convertir a unidades de rollos equivalentes de quinientos metros cuadrados (500 m²).

De cada rollo se deberán descartar las dos primeras vueltas de geotextil para el muestreo. Posteriormente, se deberá tomar una muestra, como mínimo de un metro lineal (1 ml) por el ancho correspondiente al rollo, verificando que esté totalmente seca y limpia. El número de especímenes se determinará de conformidad con las normas de ensayo ASTM D 4354 y ASTM D 4759. Tales especímenes, debidamente identificados (número de lote, referencia del producto, etc.), se deberán empacar y enviar a un laboratorio distinto al del fabricante o proveedor, para que les sean realizadas las pruebas especificadas en las Tablas 673 - 1 y 673 - 2.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en la Tablas 673 - 1 y 673 - 2. Por ningún motivo se aceptarán geotextiles rasgados, agujereados o usados.

673.5.2.2 Calidad del material granular drenante y de los materiales de cobertura distintos al material de excavación

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto se tomarán cuatro (4) muestras y de cada fracción de ellas se verificará su calidad y granulometría, según los requisitos indicados en los numerales 673.2.2 y 673.2.3. Los resultados deberán satisfacer las exigencias allí establecidas; si los materiales no cumplen con la totalidad de los requisitos serán rechazados.

Durante la etapa de producción, el Interventor examinará las descargas de los acopios y ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica y tamaños superiores o inferiores al máximo y al mínimo especificados.

673.6 MEDIDA

673.6.1 Geotextil

La unidad de medida del geotextil será el metro cuadrado (m^2), aproximado a la décima de metro cuadrado, de geotextil medido en obra, colocado de acuerdo con los planos y esta especificación y debidamente aceptado por el Interventor. No se medirán los traslajos.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

673.6.2 Material granular drenante

La unidad de medida del material granular drenante será el metro cúbico (m^3), aproximado a la décima de metro cúbico, de material suministrado y colocado en obra, debidamente aceptado por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

El volumen se determinará multiplicando la longitud de la zanja, medida a lo largo del eje del subdrén, por el ancho de la misma y por la altura de colocación del material drenante indicadas en los planos del proyecto o autorizados por el Interventor.

673.6.3 Materiales de cobertura

La unidad de medida del material de cobertura será el metro cúbico (m^3), aproximado a la décima de metro cúbico, de material suministrado y colocado en obra, debidamente aceptado por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

El volumen se determinará multiplicando la longitud de la zanja, medida a lo largo del eje del subdrén, por el ancho de la misma y por la altura de colocación del material de cobertura indicados en los planos del proyecto o autorizados por el Interventor.

673.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato por toda obra ejecutada, de acuerdo con los planos y esta especificación, y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario del ítem 673.1, Geotextil, deberá incluir el suministro del geotextil en obra, su almacenamiento, transportes, colocación, costuras; traslapes y desperdicios.

El precio unitario del ítem 673.2, Material granular drenante, deberá incluir los costos del suministro, equipos y mano de obra para la adecuada colocación y compactación del material en la zanja del subdrén; la obtención de permisos de explotación del material; la extracción y eventual trituración y/o lavado; la clasificación del material; cargues; transportes; descargues; almacenamiento; la adecuada disposición de los materiales sobrantes de todo el proceso de fabricación del subdrén; la señalización y el control del tránsito durante la etapa de construcción y en general todos los costos necesarios para la correcta ejecución de la unidad de obra correspondiente a esta especificación.

El precio unitario del ítem 673.3, Material de cobertura, deberá incluir todos los conceptos de costo enunciados para el ítem "673.2 Material granular drenante", excepto la disposición de los materiales sobrantes de todo el proceso de fabricación del subdrén y la señalización y control del tránsito durante la etapa de construcción, conceptos ya incluidos en el ítem 673.2

En todos los casos, el precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

Se excluyen del precio unitario de los ítems anteriores la excavación de las zanjas, la cual se pagará de acuerdo con el Artículo 600, "Excavaciones varias".

673.8 ÍTEM DE PAGO

673.1	Geotextil tipo _____	Metro cuadrado (m ²)
673.2	Material granular drenante	Metro cúbico (m ³)
673.3	Material de cobertura tipo _____	Metro cúbico (m ³)

Nota: Se deberá elaborar un ítem de pago diferente para cada tipo de geotextil y cada tipo de material de cobertura que se especifiquen en el contrato.

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

DRENES HORIZONTALES EN TALUDES

ARTÍCULO 674 – 13

674.1 DESCRIPCIÓN

Los drenes horizontales de penetración transversal constituyen un sistema de subdrenaje, que consiste en la introducción de tuberías ranuradas insertadas transversalmente en los taludes de cortes y eventualmente en terraplenes, para aliviar la presión de poros.

Este trabajo consiste en la perforación de barrenos en los taludes del proyecto, y la instalación de tubería perforada de drenaje dentro de los mismos, con o sin recubrimiento de geotextil, en los sitios establecidos en los planos o en los que indique el Interventor.

674.2 MATERIALES

Salvo que los documentos del proyecto indiquen algo en contrario, la tubería de drenaje será de poli(cloruro de vinilo) (PVC), norma ASTM D 1785, con diámetro interior de cincuenta milímetros (50 mm), Schedule 80, perforada de acuerdo con lo establecido en los planos o las instrucciones del Interventor.

En el caso de que se requiera la utilización de un geotextil para el recubrimiento externo de la tubería, éste deberá cumplir con lo que se especifique en los documentos del proyecto; como mínimo, deberá cumplir con lo que sea pertinente del numeral 673.2.1 del Artículo 673.

674.3 EQUIPO

El equipo que se utilice para la instalación de drenes de penetración transversal, será el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto y en cantidad suficiente para producir el rendimiento establecido en el programa de trabajo, siendo responsabilidad del Constructor su selección pero deberá contar con la aprobación del Interventor. Dicho equipo deberá ser mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que dure la obra y será operado por personal capacitado.

El equipo deberá ser el adecuado para perforar barrenos en cualquier dirección y en profundidad hasta de treinta (30) metros. Podrá ser equipo ligero rotatorio o a percusión con martinete en el frente (down the hole), que permita obtener perforaciones con diámetros de cincuenta milímetros (50 mm) a ciento cincuenta milímetros (150 mm), en suelo o en roca.

Las plataformas contarán con canastillas telescópicas, de accionamiento hidráulico o neumático, cuya versatilidad de movimientos permitan acercar y retirar el equipo, materiales y personal para la perforación e instalación de los drenes de penetración transversal.

674.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

674.4.1 Trabajos previos

Previamente a la perforación de los barrenos, éstos se ubicarán mediante el auxilio de trazos topográficos, con base en la distribución espacial establecida en el proyecto.

Inmediatamente antes de iniciar los trabajos, la superficie sobre la que se instalarán los drenes horizontales se deberá encontrar limpia y libre de zonas que puedan presentar riesgos de desprendimientos. No se permitirá la instalación de drenes de penetración transversal sobre superficies que no hayan sido previamente aceptadas por el Interventor.

674.4.2 Ejecución de las perforaciones e instalación del dren

En general, la instalación de los drenes horizontales se hará de acuerdo a la ubicación indicada en los planos del proyecto; sin embargo, la ubicación exacta se determinará conforme se acuerde con el Interventor.

El esviaje y la inclinación de las tuberías horizontales serán los establecidos en el proyecto o aprobados por el Interventor, pudiéndose realizar los últimos ajustes en campo, según las condiciones del terreno en el punto de instalación de cada dren.

Si, a juicio del Interventor, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados durante la ejecución del trabajo, éste se suspenderá inmediatamente en tanto que el Constructor corrija las deficiencias, lo reemplace o sustituya al operador. Los atrasos en el

programa de ejecución, que por este motivo se ocasionen, serán imputables exclusivamente al Constructor.

Si la perforación se hace en materiales sueltos o inestables, se colocará inmediatamente tubería de revestimiento, la cual se removerá después de haber instalado la tubería ranurada de PVC. Durante la perforación, se cuidará que el agua, si ésta se usa en la perforación, no contamine los cauces de agua superficiales.

A menos que el proyecto indique otra cosa o el Interventor apruebe algo diferente, se conectará una extensión redondeada o en punta de bala al extremo de la tubería ranurada para facilitar su introducción en la perforación.

La tubería se colocará con la ayuda del equipo de perforación para introducirla en el barreno. Para formar una línea de tubería continua se conectarán los tramos de tubería que sean necesarios. Los tubos de cloruro de polivinilo (PVC) se pegarán entre sí, con el sistema indicado en los documentos del proyecto o el autorizado por el Interventor.

A menos que el proyecto indique otra cosa o el Interventor autorice algo en contrario, en el último tramo, de entre tres (3) a seis (6) metros de longitud, se utilizará tubería no ranurada que constituya la salida del dren.

El espacio entre la perforación y el tramo de tubería no perforada se sellará en un tramo de al menos tres (3) metros hacia adentro a partir de cara del talud, con un material impermeable que cumpla lo establecido en el proyecto o aprobado por el Interventor. El espacio entre el barreno y la tubería perforada en el resto de la longitud del dren no se deberá sellar.

A menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe el Interventor, se colocarán tuberías de salida en los extremos de todos los drenes horizontales, utilizando una pieza "T" para conectarlos a la tubería colectora.

Se deberá instalar un sistema colector del tipo, características y dimensiones indicadas en el proyecto o aprobadas por el Interventor.

674.4.3 Limitaciones en la ejecución

No se podrán ejecutar los trabajos de colocación de drenes horizontales en taludes en momentos en que haya lluvia o fundado temor de que ella

ocurra, ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a dos grados Celsius (2° C).

Los trabajos de construcción de drenes horizontales se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

674.4.4 Manejo ambiental

Todas las labores de ejecución de obras de drenes horizontales se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

674.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

674.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar permanentemente el estado de funcionamiento del equipo utilizado por el Constructor.
- Comprobar que los tubos y demás materiales por utilizar cumplan los requisitos de la presente especificación, y estén de acuerdo con los documentos del proyecto o sus indicaciones.
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aprobado.
- Verificar que el alineamiento y la longitud del dren estén de acuerdo con los requerimientos de los planos o lo autorizado por el Interventor.

El Interventor medirá, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas satisfactoriamente por el Constructor.

674.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

674.5.2.1 Calidad de los materiales

674.5.2.1.1 Tubos de PVC

Se deberán verificar los siguientes aspectos:

- Que el lote de tubos que llegue a la obra cumpla con las especificaciones exigidas. El Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante con los resultados de los ensayos de calidad pertinentes. Esta certificación no implica necesariamente la aceptación del lote de tubos por parte del Interventor.
- Que ningún tubo presente roturas, aplastamientos o deformaciones. Todos los tubos que presenten algún desperfecto serán rechazados.
- Que el diseño y la ejecución de las ranuras de cada uno de los tubos esté de acuerdo con los documentos del proyecto o lo indicado por el Interventor.
- Que la unión de los tubos, a medida que se van introduciendo en el barreno, se ejecute conforme a las indicaciones establecidas en los documentos del proyecto o a las indicaciones del Interventor.

674.5.2.1.2 Geotextil

El geotextil deberá cumplir con estipulado en el numeral 674.2. El Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante con los resultados de los ensayos de calidad pertinentes. Esta certificación no implica

necesariamente la aceptación del lote de geotextil por parte del Interventor.

674.5.2.2 Calidad del producto terminado

Se deberá verificar la adecuada colocación del material impermeable de sello en el último tramo del dren. Además, se deberá verificar que cada uno de los drenes esté correctamente conectado al sistema colector del agua, de acuerdo con los planos del proyecto o las indicaciones del Interventor.

674.6 MEDIDA

La unidad de medida será el metro lineal (m), aproximado al décimo de metro lineal, de dren horizontal instalado de acuerdo con los planos del proyecto, esta especificación y las instrucciones del Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

674.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra terminada y aceptada a satisfacción por el Interventor. El precio unitario deberá cubrir todos los costos de preparación de la superficie del talud; la perforación de los barrenos y la eventual instalación y posterior retiro de tubería de revestimiento; el suministro, adecuación e instalación de la tubería de PVC, incluyendo sus ensambles; el suministro y la instalación del geotextil, si se requiere; la colocación del sello impermeable; los costos de cargue, transporte, descargue, desperdicios, disposición adecuada de sobrantes; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante el período de ejecución de los trabajos, y en general todos los costos requeridos para la correcta ejecución de los trabajos objeto de esta especificación.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

En caso de que se requiera instalar un sistema colector al cual se deban conectar los drenes, su forma de pago se definirá mediante una especificación particular.

674.8 ÍTEM DE PAGO

- | | | |
|-------|---|------------------|
| 674.1 | Dren horizontal de longitud menor o igual a diez (10) metros. | Metro lineal (m) |
| 674.2 | Dren horizontal de longitud mayor a diez (10) metros. | Metro lineal (m) |

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIALS

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

MUROS DE TIERRA ESTABILIZADA MECÁNICAMENTE CON PANELES DE CONCRETO

ARTÍCULO 680 – 13

680.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la construcción de rellenos con material granular recubiertos con paneles de concreto, sostenidos con armaduras metálicas, en los sitios y con las dimensiones señalados en los planos del proyecto o indicados por el Interventor.

680.2 MATERIALES

680.2.1 Paneles de concreto

El concreto para la construcción de los paneles será del tipo definido en los documentos del proyecto, y su elaboración se hará según lo especificado en el Artículo 630, "Concreto estructural". Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, el concreto tendrá una resistencia mínima a la compresión de 28 MPa a 28 días. Los paneles estarán reforzados con barras de acero, que cumplan los requisitos del Artículo 640, "Acero de refuerzo".

La forma y las dimensiones de los paneles, así como la cuantía del refuerzo, serán las indicadas en los planos de construcción.

Los paneles deberán disponer de sistemas de espigos y tubos para su entrelazamiento, así como de arranques de armaduras sobre las cuales se atornillarán éstas y un sistema de levantamiento que permita su izada en posición vertical durante su colocación.

Las juntas verticales de los paneles deberán tener un empaque consistente en una cinta de poliuretano y en las juntas horizontales se podrán dar apoyos de neopreno que sirvan de apoyo al panel superior.

680.2.2 Armadura y tornillería

Las armaduras serán de acero, calidad A-663 ASTM, laminado en caliente, provisto de un recubrimiento de zinc por galvanizado en caliente, dotadas

en ambas caras de estrías transversales. Estarán constituidas por elementos lineales de la sección y la longitud indicadas en los planos o modificadas por el Interventor. Los tornillos serán de alta resistencia, calidad 8.8, norma DIN 933, diámetro de doce milímetros (12 mm), de cabeza hexagonal, con acabado singado, provistos de tuercas.

Las armaduras se deberán enviar a la obra preparadas para su uso, es decir, cortadas a la medida y perforadas en su extremidad para atornillarlas a los arranques metálicos que salen de los paneles.

680.2.3 Concreto para solera

El concreto de la solera será del tipo definido en los documentos del proyecto, y su elaboración se hará según lo especificado en el Artículo 630, "Concreto estructural". Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, tendrá una resistencia mínima a la compresión de 14 MPa a 28 días.

680.2.4 Relleno

Los documentos del proyecto definirán los requisitos que deberá cumplir el material de relleno, el cual podrá ser: material granular tipo SBG (Artículo 610, numeral 610.2.3), material granular tipo BG (Artículo 610, numeral 610.2.3), o un material de características diferentes, definidas en los documentos del proyecto.

Los materiales de relleno deberán cumplir, también, las propiedades electroquímicas que se indican en la Tabla 680 – 1.

El pH del material de relleno, determinado según la (norma de ensayo INV E-131, deberá estar entre 5.0 y 9.0.

Tabla 680 - 1. Propiedades electroquímicas de los materiales de relleno

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO	REQUISITO
Resistividad	AASHTO T 288	> 3000 ohm-cm
pH	AASHTO T 289	5 a 10
Cloruros	ASTM D 4327	< 100 PPM
Sulfatos	ASTM D 4327	< 200 PPM
Contenido de material orgánica	AASHTO T 267	≤ 1 %

680.3 EQUIPO

Al respecto, rige todo lo que sea aplicable del numeral 630.3 del Artículo 630, “Concreto estructural”.

Las formaletas o moldes para la fabricación de los paneles serán metálicos, con acceso para el vibrado de concreto.

Se requiere, además, equipo para la explotación, procesamiento, extensión, humedecimiento, conformación y compactación del material de relleno, así como vehículos para el transporte de todos los elementos constitutivos de la tierra mecánicamente estabilizada con paneles de concreto, sin procesar o procesados.

También, se deberá disponer de equipo para el izado y la colocación de los paneles de concreto, y los elementos auxiliares requeridos para la correcta ejecución de los trabajos especificados.

680.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

680.4.1 Fabricación de los paneles

680.4.1.1 Generalidades

La fabricación de los paneles se hará de acuerdo con las partes pertinentes de los Artículos 630, “Concreto estructural” y 640, “Acero de refuerzo”. Los materiales y procedimientos empleados en la fabricación deberán contar con la aprobación previa del Interventor y estarán sujetos a su inspección durante la ejecución de los trabajos; deberán permitir la producción de una manera ordenada, que garantice la obtención de un producto de características uniformes, de acuerdo con los diseños y dentro de las especificaciones. La zona de trabajo deberá ser adecuada para el desarrollo de todas las operaciones. El Interventor podrá exigir todos los cambios que considere necesarios para cumplir estos preceptos.

680.4.1.2 Elaboración

El Interventor sólo autorizará la colocación del concreto, cuando haya aprobado la correcta colocación del refuerzo.

El vaciado del concreto para cada panel deberá ser continuo hasta su terminación y el vibrado posterior se deberá efectuar empleando procedimientos adecuados que no produzcan segregación de los agregados, ni desplacen el acero de refuerzo o las formaletas.

680.4.2 Descarga y almacenamiento de los paneles

Los paneles se deberán descargar y manipular por medio de los arranques de armaduras.

Se deberán almacenar sobre una superficie plana, con el paramento hacia abajo, en filas de cinco (5) paneles, como máximo.

El panel inferior de cada fila se deberá proteger del contacto con el suelo por medio de tabloncillos puestos de canto u otro sistema autorizado por el Interventor. Durante estas operaciones se deberá tener cuidado de no doblar los arranques de las armaduras. Los paneles sólo se podrán instalar luego de veintiocho (28) días de su fabricación.

680.4.3 Solera de asiento

Los paneles de la fila inferior se deberán apoyar sobre el suelo por medio de una solera de concreto simple, con resistencia mínima a compresión de 14 MPa a los 28 días; esta solera tendrá, como mínimo, treinta y cinco centímetros (35 cm) de ancho por quince centímetros (15 cm) de altura y deberá ser perfectamente nivelada y alisada.

680.4.4 Montaje de los paneles y colocación del relleno

El montaje de los paneles se efectuará por filas horizontales sucesivas, sobre toda la longitud de la obra. Los paneles de la primera fila se apoyarán directamente sobre la solera de asiento; su colocación comenzará con paneles de media altura entre los cuales se intercalarán paneles enteros.

Antes de efectuar el relleno, todos los paneles de la primera fila deberán ser calzados para que no se produzca ningún movimiento mientras se efectúa el relleno. Además, los paneles deberán mantenerse con puntales al lado opuesto del relleno, los cuales se podrán retirar cuando éste haya

cubierto un metro y medio (1.50 m) de altura o cuando lo indique el Interventor.

El relleno detrás de los paneles se deberá efectuar por capas, extendiendo el material de forma paralela a la fila de los paneles. Los niveles superiores de estas capas deberán corresponder a la parte alta de los paneles enteros y al nivel de las capas de armaduras.

El material deberá ser humedecido o aireado según se precise y luego se compactará, evitando la acción de compactadores pesados a menos de un metro (1.0 m) del paramento, para prevenir el desplazamiento de los paneles. En dicha zona, la compactación se realizará empleando máquinas accionadas manualmente.

El montaje de una nueva fila de paneles sólo se podrá iniciar cuando el relleno haya sido construido en toda la altura de la anterior. Este montaje deberá comenzar por los espacios entre los paneles de la fila inferior.

La última fila del macizo llevará, también, paneles de media altura.

680.4.5 Colocación de las armaduras

Las armaduras se colocarán perpendicularmente al paramento, en capas horizontales y sujetas a los paneles mediante tornillos de fijación.

El relleno deberá estar cuidadosamente nivelado, para que la armadura se apoye completamente sobre su superficie.

680.4.6 Limpieza final

Al terminar la obra, y antes de la aceptación final del trabajo, el Constructor deberá retirar del lugar toda obra falsa, materiales no utilizados, desechos, basuras y construcciones temporales, restaurando en forma aceptable para el Interventor, toda propiedad, tanto pública como privada, que pudiera haber sido afectada durante la ejecución de este trabajo y dejar el lugar de la estructura limpio y presentable.

680.4.7 Limitaciones en la ejecución

No se podrán ejecutar los trabajos de tierra mecánicamente estabilizada en momentos en que haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra, ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a dos grados Celsius (2° C).

Los trabajos de construcción de la tierra mecánicamente estabilizada se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

680.4.8 Manejo ambiental

Todas las labores de ejecución de obras de tierra mecánicamente estabilizada se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

680.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

680.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo empleado.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan los requisitos de calidad exigidos por esta especificación.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y en la elaboración de las mezclas de hormigón.
- Efectuar los ensayos necesarios para el control de las mezclas.
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aprobado.

- Verificar que el alineamiento, pendiente, sección y acabado de los paneles cumplan los requerimientos de los planos del proyecto.
- Medir las cantidades de obra ejecutadas satisfactoriamente por el Constructor.

680.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

680.5.2.1 Calidad de los ingredientes de la mezcla de concreto y de los productos de curado

En lo referente a la calidad del cemento, agua, agregados y eventuales aditivos y productos químicos de curado, se aplicarán los criterios del Artículo 630, “Concreto estructural”, numerales 630.5.2.1, 630.5.2.2, 630.5.2.3 y 630.5.2.4, respectivamente.

680.5.2.2 Calidad de las mezclas

680.5.2.2.1 Dosificación

Al respecto, se aplican los criterios del Artículo 630, numeral 630.5.2.5.1.

680.5.2.2.2 Consistencia

Al respecto, se aplica los criterios del Artículo 630, numeral 630.5.2.5.2.

680.5.2.2.3 Resistencia de las mezclas

En relación con el concreto utilizado para elaborar los paneles, se tomarán al azar muestras para fabricar tres (3) cilindros por cada “lote”.

Se entenderá por “lote”, veinticinco (25) paneles prefabricados o los elaborados en una jornada de trabajo, lo que resulte menor.

Las muestras se tomarán según el procedimiento descrito en la norma de ensayo INV E-401. Con ellas se elaborarán y curarán cilindros, conforme se

establece en la norma INV E-402, los cuales se romperán por compresión a los veintiocho (28) días, de acuerdo con la norma de ensayo INV E- 410.

El promedio de las resistencias de estos cilindros elaborados y rotos simultáneamente, se tomará como el resultado de un ensayo. La resistencia del concreto se considerará satisfactoria, si ningún ensayo presenta una resistencia inferior a la especificada en más de tres con cinco megapascals (3.5 MPa) y, simultáneamente, el promedio de tres (3) ensayos consecutivos iguala o excede la resistencia de diseño especificada en los planos.

Si una o las dos exigencias recién descritas no se cumplen, se rechazarán los paneles representados por dicho cilindros.

En lo que respecta al concreto para la solera de asiento, el Interventor determinará el número de cilindros por elaborar, cuyo promedio de resistencias deberá ser, como mínimo, el especificado en los planos.

680.5.2.3 Refuerzo de los paneles

El Interventor no aceptará ninguna tolerancia en relación con la calidad establecida para el acero en el numeral 640.2 del Artículo 640, "Acero de refuerzo".

En relación con la colocación de las armaduras, se aceptarán las tolerancias indicadas en el numeral 640.5.2 del mismo Artículo.

680.5.2.4 Aceptación de los paneles

Los paneles solamente serán aceptados para su colocación, si cumplen con las dimensiones del diseño y demás requisitos establecidos en esta especificación y en las particulares del contrato. Sus superficies deberán ser lisas, uniformes, libres de bordes salientes, hormigueros u otros defectos.

Todos los paneles que presenten defectos en la superficie a la vista o señales de haber sido averiados durante su manejo, serán rechazados por el Interventor.

680.5.2.5 Armaduras y tornillería

No habrá ninguna tolerancia en relación con los requisitos establecidos en el numeral 680.2.2 para las armaduras y tornillería.

680.5.2.6 Relleno

La calidad del material de relleno se evaluará en función de las características del mismo y de los requisitos aplicables de las presentes especificaciones, según sea el tipo de material por utilizar, de acuerdo con lo señalado en el numeral 680.2.4.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, el porcentaje de compactación será, como mínimo, del 95 % de la densidad seca máxima de acuerdo con la norma INV-E 142, efectuando, de ser necesaria, la corrección por la presencia de partículas gruesas de acuerdo con la norma INV-E 143.

680.5.2.7 Calidad del producto terminado

La superficie a la vista del muro de tierra mecánicamente estabilizada con paneles de concreto no podrá presentar irregularidades que sean notorias, a juicio del Interventor.

En lo que respecta a las dimensiones del muro y su localización en planta, se aceptarán las tolerancias que resulten pertinentes del Artículo 630, numerales 630.5.2.6.1 y 630.5.2.6.2.

Toda obra ejecutada donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deberá ser corregida por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con procedimientos aprobados por el Interventor, y a plena satisfacción de éste.

680.6 MEDIDA

680.6.1 Paneles en concreto

La unidad de medida de los paneles en concreto será el metro cuadrado (m^2), aproximado al décimo de metro cuadrado, de paneles realmente suministrados, colocados y terminados, debidamente aceptados por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

El área se determinará multiplicando el área de un panel completo y uno de media altura por el número de paneles de cada clase aceptados por el Interventor. El área total será la suma de las dos multiplicaciones.

680.6.2 Armadura

La unidad de medida de la armadura será el metro lineal (m), aproximado a la centésima de metro, de acero galvanizado, incluyendo empalmes, suministro y colocación de acuerdo con los planos y la presente especificación. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

La longitud se determinará sobre la armadura colocada y aprobada por el Interventor.

680.6.3 Relleno

La unidad de medida del relleno granular será el metro cúbico (m^3), aproximado al metro cúbico completo, de material suministrado, colocado y terminado de acuerdo con los planos y debidamente aceptado por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

Los volúmenes serán determinados con base en las áreas de las secciones transversales del proyecto localizado, verificadas por el Interventor antes y después de ser ejecutados los trabajos de relleno. Dichas áreas estarán limitadas por las líneas de pago teóricas mostradas en los planos o autorizadas por el Interventor.

No se medirán cantidades en exceso de las indicadas en los documentos del proyecto u ordenadas por el Interventor, ni el concreto utilizado para la solera de asiento.

680.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con los planos, esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

680.7.1 Paneles en concreto

El precio unitario deberá cubrir los costos de todos los materiales empleados en la fabricación de los paneles con las dimensiones especificadas, incluyendo formaletas o moldes, el acero de refuerzo, los espigos y tubos para entrelazamiento, los arranques de armaduras, los materiales para las juntas y su colocación; la elaboración de la mezcla de fabricación de los paneles de acuerdo con los planos y las instrucciones del Interventor; los equipos, la mano de obra y los accesorios requeridos; patentes, transporte, almacenamiento, desperdicios, colocación de los paneles y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos.

Deberá incluir, así mismo, los costos de materiales, elaboración, transporte y colocación en el lugar indicado por el Interventor, del concreto para la solera de asiento; así como los costos de señalización preventiva de la vía y el eventual ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos.

El precio unitario deberán incluir, también, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

680.7.2 Armadura galvanizada

El precio unitario deberá cubrir todos los costos que se deriven del suministro de las platinas galvanizadas, incluidas las patentes, los tornillos de unión, tuercas y otros materiales accesorios; el equipo y mano de obra requeridos; los cargues, transportes, descargues, instalación de las armaduras, desperdicios y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del trabajo objeto del pago.

El precio unitario deberán incluir, también, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

680.7.3 Relleno granular para muros de tierra mecánicamente estabilizada

El precio unitario deberá cubrir los costos de extracción, preparación y suministro de los materiales; la obtención de los permisos y derechos de explotación, la construcción o adecuación de las vías de acceso a las zonas de préstamo; la adecuación de dichas zonas una vez extraído el material, para recuperar las características hidrológicas superficiales; los cargues, transportes, compactación y conformación del relleno granular para tierra mecánicamente estabilizada; todo equipo y mano de obra requeridos para ejecutar esta labor y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del trabajo especificado.

El precio unitario deberán incluir, también, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

Si la superficie de apoyo del muro se debe preparar mediante una excavación, ésta se pagará con cargo al Artículo 600, "Excavaciones Varias".

680.8 ÍTEM DE PAGO

680.1	Paneles de concreto	Metro cuadrado (m ²)
680.2	Armadura galvanizada	Metro lineal (m)
680.3	Relleno granular para tierra mecánicamente estabilizada con paneles de concreto	Metro cúbico (m ³)

GAVIONES DE MALLA DE ALAMBRE DE ACERO ENTRELAZADO

ARTÍCULO 681 – 13

681.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el transporte, suministro, manejo, almacenamiento e instalación de canastas de mallas hexagonales de alambre de acero con revestimiento metálico, entrelazado en triple torsión, y el suministro, transporte y colocación de material de relleno dentro de las canastas, de acuerdo con los alineamientos, formas y dimensiones y en los sitios establecidos en los planos del proyecto o indicados por el Interventor. También incluye las canastas de alambre de acero con doble revestimiento, metálico y poli(cloruro de vinilo) (PVC), cuando los documentos del proyecto así lo requieran.

681.2 MATERIALES

681.2.1 Canastas metálicas

681.2.1.1 Requisitos

Las canastas metálicas deberán estar formadas de alambre de acero con recubrimiento metálico (o con recubrimiento metálico y recubrimiento posterior de PVC) de triple torsión, con huecos hexagonales: deberán cumplir los requisitos de materiales y de fabricación establecidos en la norma ASTM A 975 "Standard Specification for Double-Twisted Hexagonal Mesh Gabions and Revet Mattresses (Metallic-Coated Steel Wire or Metallic-Coated Steel Wire With Poly(Vinyl Chloride) (PVC) Coating)".

681.2.1.2 Clasificación

Los gaviones se clasifican en 4 clases, en función del recubrimiento del alambre, como se menciona en la Tabla 681 – 1.

Tabla 681 – 1. Clases de gaviones según el tipo de recubrimiento del alambre

CLASE	TIPO DE RECUBRIMIENTO
1	Metálico tipo 1: zinc (galvanizado)
2	Metálico tipo 2: aleación Zn-5A1-MM
3	Metálico tipo 1 y PVC
4	Metálico tipo 2 y PVC

Los gaviones de clase 1 estarán elaborados con alambres de acero recubiertos con zinc (galvanizado).

Los gaviones de clase 2 estarán elaborados con alambres de acero recubiertos con una aleación de zinc, aluminio y tierras raras, denominada Zn-5A1-MM.

Los gaviones de clase 3 estarán elaborados con alambres de la clase 1 (recubiertos con zinc) sobre los cuales se aplica un segundo recubrimiento en poli(cloruro de vinilo) (PVC).

Los gaviones de clase 4 estarán elaborados con alambres de la clase 2 (recubiertos aleación Zn-5A1-MM) sobre los cuales se aplica un segundo recubrimiento en poli(cloruro de vinilo) (PVC).

Para todas las clases de gaviones, todos los alambres que constituyen las canastas, tanto principales como secundarios (alambre de las canastas propiamente dicho, de las aristas o bordes, de los templetes, de los amarres y de los anclajes) deberán tener el revestimiento especificado en los documentos del proyecto. El recubrimiento especificado se deberá aplicar a los alambres antes de entrelazarlos entre sí con triple torsión para la elaboración de las mallas para las canastas.

681.2.1.3 Características del alambre

681.2.1.3.1 Resistencia a la tensión

Todos los alambres serán de acero de bajo temple; su resistencia a la tensión deberá estar entre cuatrocientos quince y quinientos megapascals

(415 a 500 MPa), cuando se verifique de acuerdo a lo establecido en el método de ensayo ASTM E 8.

681.2.1.3.2 Diámetro de los alambres

El diámetro mínimo de los alambres deberá cumplir los requisitos mencionados en la Tabla 681 – 2.

Tabla 681 – 2. Diámetro mínimo nominal de los alambres

CARACTERÍSTICA	TIPO DE RECUBRIMIENTO	
	METÁLICO (Clases 1 y 2)	METÁLICO Y PVC (Clases 3 y 4)
Malla	3.00 mm	2.70 mm
Aristas y bordes	3.80 mm	3.40 mm
Templetes: - Elaborados en obra para conectar las caras anterior y posterior de cada panel de gavión - Preformados para enlazar las esquinas de una misma celda	2.20 mm 3.80 mm	2.20 mm 3.40 mm
Amarres	2.20 mm	2.20 mm

681.2.1.3.3 Recubrimiento metálico

El alambre con recubrimiento metálico deberá estar libre de astillas, escamas y otras imperfecciones que no sean consistentes con las buenas prácticas de fabricación de estos elementos. El recubrimiento deberá ser continuo y razonablemente homogéneo; se permitirá la soldadura en fábrica de los extremos del alambre para conseguir la longitud necesaria en los rollos de empaque.

El recubrimiento con zinc de todos los alambres para los gaviones de clases 1 y 3 deberá cumplir los requerimientos la norma ASTM A 641 para acero de bajo temple con recubrimiento clase 3.

El recubrimiento con aleación Zn-5Al-MM de todos los alambres para los gaviones de clases 2 y 4 deberá cumplir los requerimientos la norma

ASTM A 856 para acero de bajo temple con recubrimiento clase 3.

La cantidad mínima del recubrimiento metálico, en masa por unidad de área de la superficie del alambre sin recubrir, deberá cumplir lo indicado en la Tabla 681 – 3; el ensayo se ejecutará según la norma de ensayo ASTM A 90.

Tabla 681 – 3. Masa mínima del recubrimiento metálico del alambre

DIÁMETRO DEL ALAMBRE (mm)	MASA DEL RECUBRIMIENTO METÁLICO (ZINC O ALEACIÓN Zn-5 AL-MM) POR UNIDAD DE ÁREA DE LA SUPERFICIE DEL ALAMBRE SIN RECUBRIR (g/m ²)
2.20	230
2.70	245
3.00	260
3.40	260
3.80	275

El alambre, con su recubrimiento metálico, deberá poder ser enrollado alrededor de un mandril cilíndrico de acero formando una espiral apretada a razón de 15 giros por minuto sin que el recubrimiento metálico se agriete o descascare hasta tal punto que cualquier partícula del recubrimiento (zinc o aleación Zn-5A1-MM) se pueda remover frotando con los dedos desnudos. El mandril para la prueba de adherencia deberá tener el diámetro indicado en la Tabla 681 – 4, el cual está en función del diámetro nominal del alambre, D.

Tabla 681 – 4. Diámetro del mandril para la prueba de adherencia del recubrimiento metálico

DIÁMETRO NOMINAL DEL ALAMBRE , D (mm)	DIÁMETRO DEL MANDRIL (mm)
2.20 a 3.69	3 D
≥ 3.70	4 D

El aflojamiento o desprendimiento durante la prueba de pequeñas partículas del recubrimiento metálico (zinc o aleación Zn-5A1-MM) que se hayan formado por pulimiento mecánico de la superficie

del alambre recubierto no se considerará como causa de rechazo del recubrimiento metálico.

681.2.1.3.4 Recubrimiento en PVC

El recubrimiento con poli(cloruro de vinilo) (PVC) de todos los alambres para los gaviones de clases 3 y 4, que se coloca sobre el recubrimiento metálico, deberá cumplir los requerimientos de la norma ASTM A 975; su espesor deberá cumplir los requisitos indicados en la Tabla 681 – 5.

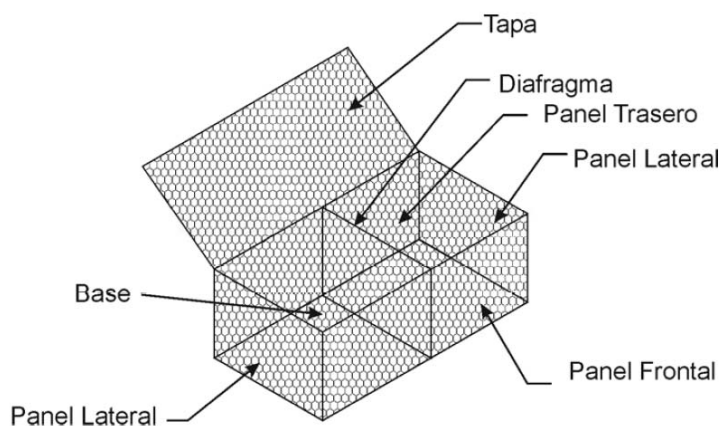
Tabla 681 – 5. Espesor del recubrimiento de PVC

CARACTERÍSTICA	REQUISITO
Espesor nominal (mm)	0.50
Espesor mínimo (mm)	0.38

681.2.1.4 Características de la malla para gavión

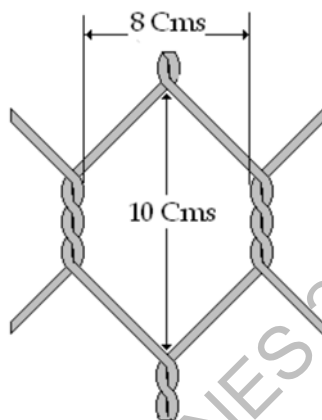
En las normas ASTM A 975 y NTC 3555 se indica la nomenclatura de los elementos que integran el gavión, así como su configuración y detalles de fabricación; las partes del gavión se ilustran en la Figura 681 – 1.

Figura 681 – 1. Partes de un gavión



La abertura de malla deberá ser tipo ocho (8) por diez (10) centímetros; estas medidas se obtienen tomando las longitudes en ángulo recto en sentidos vertical y horizontal, como se muestra en la Figura 681 – 2.

Figura 681 –2. Abertura de la malla de gavión



La canasta metálica deberá llevar diafragmas conformando celdas de largo no mayor a 1.0 m. Las medidas nominales de los gaviones y su número de celdas se muestran en la Tabla 681 – 6.

Tabla 681 – 6. Medidas nominales y número de celdas de los gaviones

LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTURA (m)	NÚMERO DE CELDAS	VOLUMEN (m³)
2.0	1.0	1.0	2	2.0
3.0	1.0	1.0	3	3.0
4.0	1.0	1.0	4	4.0
2.0	1.0	0.5	2	1.0
3.0	1.0	0.5	3	1.5
4.0	1.0	0.5	4	2.0

Todos los bordes y aristas deberán ser rematados, como mínimo, envolviendo los alambres de la malla alrededor del alambre de borde por lo menos dos veces y media, con excepción de la unión de los paneles laterales y diafragmas con la base, que podrán ser doblados con una sola abertura de malla.

Los requisitos de resistencia mínima de la malla, de las conexiones de la malla con los alambres de las aristas o bordes, de las conexiones entre paneles y de las pruebas de punzonamiento son los mostrados en la Tabla 681 – 7. Los ensayos se deberán realizar siguiendo los métodos descritos en la norma ASTM A 975.

Tabla 681 – 7. Resistencia mínima de la malla y las conexiones

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO	TIPO DE RECUBRIMIENTO	
	METÁLICO (Clases 1 y 2)	METÁLICO Y PVC (Clases 3 y 4)
Resistencia de la malla, mínimo (kN/m)		
- Ensayo paralelo al entorchado de los alambres	51.1	42.3
- Ensayo perpendicular al entorchado de los alambres	26.3	20.4
Resistencia de las conexiones, mínimo (kN/m)		
- Conexiones a los bordes y aristas	20.4	17.5
- Conexiones entre paneles	20.4	17.5
Ensayo de punzonamiento	26.7	23.6

681.2.2 Material de llenado - piedras

El material de llenado podrá consistir en piedras o rocas de canto rodado o de cantera; las piedras deberán ser duras y durables, no susceptibles a desintegración por la exposición al agua o a la intemperie. Deberán estar razonablemente libres de materia orgánica; no deben tener óxido de hierro con excesiva alcalinidad o compuestos salinos, cuya composición pueda atacar el alambre de la canasta.

Deberá cumplir, además, los requisitos descritos en la Tabla 681 - 8.

681.2.3 Geotextil de separación

Si los documentos del proyecto así lo indican, sobre la superficie compactada se deberá instalar un geotextil de separación, el cual deberá cumplir con lo especificado en el Artículo 231, numeral 231.2.1.

681.3 EQUIPO

Se requieren, principalmente, equipos para transporte del material de relleno y para la eventual adecuación de la superficie sobre la cual se construirán los gaviones, así como herramientas manuales para las operaciones de tensionamiento, amarre y cierre de las canastas metálicas.

681.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

681.4.1 Generalidades

Los procedimientos que adopte el Constructor para la construcción de gaviones deben prevenir el daño del revestimiento de los alambres de las canastas.

Tabla 681 – 8. Características del material granular para llenado de gaviones (piedras)

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO	REQUISITO
Granulometría (F)		
- Tamaño máximo (mm)	Nota 1	200
- Tamaño mínimo (mm)		100
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación 1), máximo (%)	INV E-219	50
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%)	E-220	
- Sulfato de sodio		12
- Sulfato de magnesio		18
Resistencia mecánica (O)		
<div>Relación $\frac{\text{Resistencia a la compresión simple}}{\text{Máximo esfuerzo de trabajo}}$</div>	ASTM D7012 Método C	≥ 250
- La muestra para el ensayo se obtendrá tomando núcleos de piedras representativas		
Geometría de las partículas <i>Nota 3</i>		
Partículas con relación largo / espesor mayor que 3, máximo (%)	-	10 %
Masa unitaria (F)		
Masa unitaria de las canastas llenas con agregado compactado, mínimo (kg/m³) <i>Nota 3</i>	Nota 2	1250
Absorción (O)		
Absorción de agua, máximo (%)	E-223	2.0
- La muestra para el ensayo se obtendrá fragmentando una muestra representativa de las piedras		

Nota 1: El Constructor debe tener en obra unas mallas con aberturas de 100 y 200 mm para control de la granulometría. En ningún caso, el material de relleno podrá ser menor de diez centímetros (10 cm)

Nota 2: El procedimiento constructivo que debe elaborar el Constructor para aprobación de la Interventoría debe incluir un método para la verificación de la masa unitaria de las canastas llenas. El material deberá presentar una adecuada distribución de tamaños para cumplir el requisito establecido.

Nota 3: Los documentos podrán especificar un valor mayor de masa unitaria de las canastas llenas con agregado compactado, por ejemplo 1600 kg/m^3 . Así mismo, podrán requerir el uso de material granular triturado para el relleno de las canastas.

681.4.2 Preparación de la superficie de apoyo

Cuando los gaviones requieran una base firme y lisa para apoyarse, ésta podrá consistir en una simple adecuación del terreno o una cimentación diseñada y construida de acuerdo con los detalles de los planos del proyecto o las indicaciones del Interventor.

Antes de iniciar la colocación de las canastas de los gaviones, la superficie del terreno se deberá preparar según las indicaciones de los documentos del proyecto y con los niveles allí señalados; si se encuentran suelos inadecuados al nivel de fundación de los gaviones, estos deberán ser removidos y reemplazados.

681.4.3 Colocación del geotextil de separación sobre la superficie de apoyo

Si los documentos del proyecto así lo indican, sobre la superficie compactada se deberá instalar un geotextil de separación, labor que deberá adelantarse de acuerdo con lo indicado en el Artículo 231, numeral 231.4.3.

681.4.4 Colocación y ensamble de las canastas

Las canastas vacías y completamente ensambladas se deberán poner en su posición final sobre la superficie preparada. Su amarre y llenado se deberán realizar en su posición final; no se permitirá el transporte de canastas llenas.

Los paneles que conforman las canastas metálicas se deberán amarrar a través de las cuatro aristas en contacto y los diafragmas con las paredes laterales.

Antes del llenado, cada canasta se deberá amarrar a las adyacentes, laterales e inferiores, a lo largo de todas las aristas en contacto, tanto

horizontales como verticales, y se deberán poner los tirantes permanentes y temporales.

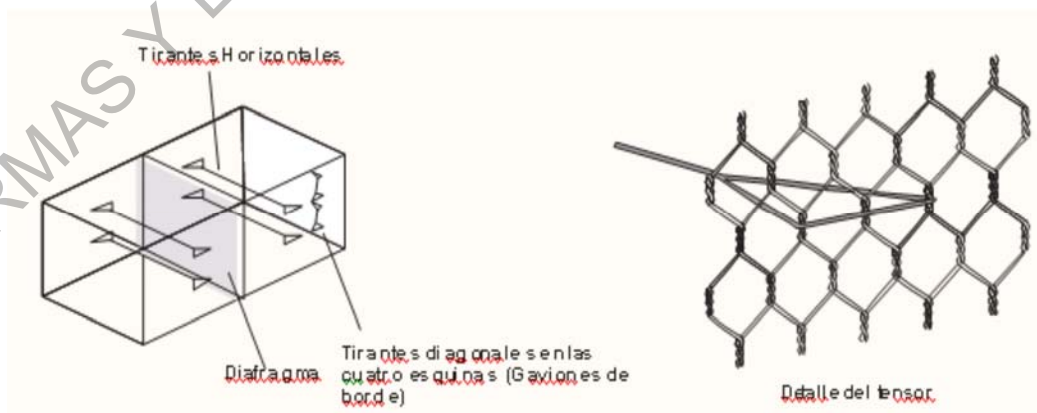
Para obtener un mejor alineamiento y terminado, se deberá tensar la malla de las canastas metálicas antes del llenado, utilizando una palanca o una barra metálica; como alternativa para garantizar la regularidad del gavión y facilitar su llenado, se podrá utilizar una formaleta de madera en las caras que no estén en contacto con otros gaviones.

681.4.5 Llenado y atirantado de las canastas

El proceso de llenado se deberá hacer de forma que se obtengan superficies de contacto parejas y libres de bordes entrantes o salientes entre gaviones; así mismo, que se obtenga el mínimo porcentaje de vacíos y una buena trabazón de las piedras. Para el efecto, el material de relleno se colocará dentro de la canasta manualmente, distribuyendo las piedras por tamaño de la manera más compacta posible, logrando que las partículas de menor tamaño queden hacia el centro y la más grandes junto a la malla; finalmente, el material de llenado se apisonará por capas; no se deberán dejar espacios en la parte superior de la canasta.

Durante el relleno, se deben colocar tirantes o tensores internos transversales, para volver solidarios los paneles opuestos de las canastas, así como tirantes diagonales en las esquinas, con el fin de evitar la deformación de las canastas debido a la presión ejercida por el relleno. En la Figura 681 – 3 se ilustra la disposición de estos elementos:

Figura 681 –3. Disposición de tirantes o tensores



Las canastas de una misma fila o capa deberán irse rellendo por etapas, de manera que el nivel de llenado de ninguna canasta supere en más de 300 mm el nivel de llenado de las canastas adyacentes.

Las canastas se deberán llenar a tope; al cerrar la tapa, no deben quedar vacíos en la parte superior de la canasta.

681.4.6 Costura y cierre

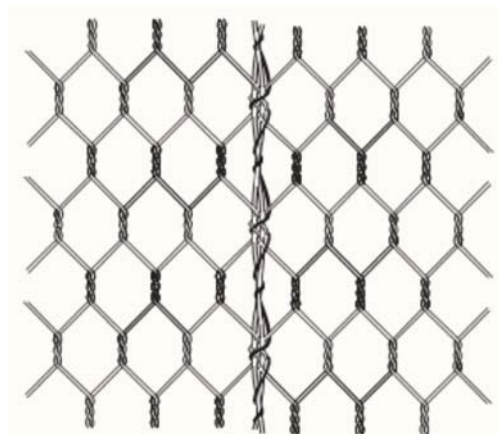
Terminadas las operaciones de relleno, se deberá instalar la tapa de la canasta sobre la base y coserla a los bordes superiores de la base y de los diafragmas. Todas las costuras o amarres deberán ser realizados de forma continua, atravesando todas las mallas con el alambre, alternativamente, con una vuelta simple y una doble, como se ilustra en la Figura 681 – 4. Las uniones deberán ser resistentes y deberán asegurar una estructura monolítica y apta para soportar fuertes solicitaciones y deformaciones; su resistencia deberá cumplir los requisitos de la Tabla 681 – 7.

681.4.7 Colocación del geotextil de separación detrás de las canastas

Si los documentos del proyecto así lo indican, contra las caras de los gaviones que van a queda en contacto con los rellenos laterales se deberá instalar un geotextil de separación; el geotextil se deberá asegurar a las canastas por medios mecánicos suficientemente resistentes y convenientemente separados, de manera que el geotextil no se desplace durante la colocación y compactación de los rellenos laterales.

Los traslpos deberán ser como mínimo de 30cm o se deberán usar costuras. En el caso de traslpos, la tela superior deberá traslaparse sobre la tela inferior; en el caso de las costuras, deberán cumplir lo indicado en el Artículo 231, numeral 231.4.3.2, con los requisitos adicionales que señale el fabricante.

Figura 681 -4. Detalle de las costuras o amarres

**681.4.8 Ejecución de rellenos laterales**

Los rellenos laterales de las estructuras de gaviones se deberán ir adelantando a medida que avanza la construcción de los gaviones, según el Artículo 610, "Rellenos para estructuras", empleando los materiales indicados en los documentos del proyecto. Los equipos y procedimientos deberán ser los adecuados para lograr la densidad especificada en los documentos del proyecto; en el caso de uso de geotextiles de separación, los equipos y procedimientos deberán lograr los requisitos de compactación sin afectar el geotextil.

681.4.9 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la construcción de gaviones en momentos en que haya lluvia o fundado temor que ella ocurra, ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a dos grados Celsius (2° C).

Los trabajos de construcción de gaviones se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVIAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

681.4.10 Manejo ambiental

Todas las determinaciones referentes a los trabajos de gaviones deberán ser tomadas considerando la protección del medio ambiente y las disposiciones vigentes sobre el particular.

681.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**681.5.1 Controles**

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Comprobar el estado y el funcionamiento del equipo utilizado por el Constructor.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan con los requisitos de calidad estipulados en la presente especificación.
- Verificar que el alineamiento y las pendientes y dimensiones de la obra se ajusten al diseño.

El Interventor medirá, para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado.

681.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Se verificará que las canastas metálicas y el material de llenado satisfagan las exigencias de los planos y de esta especificación y que la estructura construida esté en concordancia con los alineamientos, pendientes y secciones indicados en los documentos del proyecto y las eventuales modificaciones aprobadas por el Interventor.

681.5.2.1 Calidad de las canastas

Por cada lote de canastas y alambres complementarios que llegue a la obra, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación de calidad de estos elementos, expedida por el fabricante de los mismos, con los respectivos reportes de ensayos de laboratorio, los cuales deberán satisfacer todos los requisitos establecidos en el numeral

681.2.1. Dicha constancia no evitará, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del Interventor ni implica, necesariamente, la aceptación de la entrega.

681.5.2.2 Tolerancias en las canastas metálicas

Las dimensiones en la abertura hexagonal de la malla de triple torsión no deberá diferir en más de tres milímetros (± 0.3 cm) en el sentido horizontal ni en más de un centímetro con cuatro décimas (± 1.4 cm) en el sentido vertical, tomando las medidas en ángulo recto en sentido vertical y horizontal como se indica en la norma ASTM A 975, con respecto a lo indicado en el numeral 681.2.1.4.

El ancho, la altura y la longitud de una canasta para gavión al fabricarse, no deberá diferir, antes de su llenado, en más o menos cinco por ciento (± 5 %) en la menor dimensión y en más o menos tres por ciento (± 3 %) en las otras dos dimensiones, con respecto a lo indicado en el numeral 681.2.1.4.

La tolerancia en los diámetros de los alambres será de más o menos ocho centésimas de milímetro (± 0.08 mm), con relación a lo indicado en la Tabla 681 – 2.

En caso de deficiencias en los materiales o en la ejecución de la obra, el Constructor deberá acometer, sin costo adicional alguno para el Instituto Nacional de Vías, las correcciones necesarias de acuerdo con las instrucciones de Interventor, a plena satisfacción de éste.

681.5.2.3 Calidad de los materiales de llenado de los gaviones

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto se tomarán cuatro (4) muestras y de cada fracción de ellas se verificará su calidad y granulometría, según los requisitos indicados en el numeral 681.2.2. Los resultados deberán satisfacer las exigencias allí establecidas; si los materiales no cumplen con la totalidad de los requisitos serán rechazados.

Durante la etapa de producción, el Interventor examinará las descargas de los acopios y ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica y tamaños superiores o inferiores al máximo y al mínimo especificados.

681.6 MEDIDA

La unidad de medida de los gaviones será el metro cúbico (m³), aproximado al décimo de metro cúbico. El volumen se determinará sumando los volúmenes de las canastas de gavión instaladas y recibidas a satisfacción por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se medirán cantidades en exceso de las recién indicadas.

Se medirán por aparte para pago las excavaciones y los rellenos requeridos para la preparación de la fundación, los rellenos laterales y los geotextiles.

681.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción del Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de equipos, herramientas y mano de obra; suministro e instalación de las canastas; la extracción, preparación y suministro de los materiales para el llenado de los gaviones; la construcción o adecuación de las vías de acceso a las fuentes, la obtención de los permisos y derechos de explotación; la adecuación de las fuentes al terminar la explotación para recuperar sus características hidrológicas superficiales, el cargue, transporte y descargue de los fragmentos de roca; el llenado, amarre y anclaje de los gaviones; y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos, de acuerdo con los planos, esta especificación y las instrucciones del Interventor.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos por concepto del suministro e instalación de abrazaderas, alambre, separadores, silletas de alambre o cualquier otro elemento utilizado para sostener y mantener el gavión en su sitio, así como la

señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

Se pagarán por aparte las excavaciones y rellenos requeridos para la preparación de la fundación, los rellenos laterales y los geotextiles, de acuerdo con los siguientes Artículos:

- Excavaciones: Artículo 600, "Excavaciones varias"
- Rellenos: Artículo 610, "Rellenos para estructuras"
- Geotextiles: Artículo 231, "Separación de suelos de subrasante y capas granulares con geotextil "

681.8 ÍTEM DE PAGO

681.1	Gaviones de malla de alambre de acero entrelazado clase 1: recubrimiento de zinc (galvanizado)	Metro cúbico (m ³)
681.2	Gaviones de malla de alambre de acero entrelazado clase 2: recubrimiento de aleación Zn-5A1-MM	Metro cúbico (m ³)
681.3	Gaviones de malla de alambre de acero entrelazado clase 3: recubrimiento de zinc (galvanizado) y PVC	Metro cúbico (m ³)
681.4	Gaviones de malla de alambre de acero entrelazado clase 4: recubrimiento de aleación Zn-5A1-MM y PVC	Metro cúbico (m ³)

COLCHOGAVIONES DE MALLA DE ALAMBRE DE ACERO ENTRELAZADO ARTÍCULO 682 – 13

682.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el transporte, suministro, manejo, almacenamiento e instalación de canastas de mallas hexagonales de alambre de acero con revestimiento metálico, entrelazado en triple torsión, y el suministro, transporte y colocación de material de relleno dentro de las canastas, de acuerdo con los alineamientos, formas y dimensiones y en los sitios establecidos en los planos del proyecto o indicados por el Interventor. También incluye las canastas de alambre de acero con doble revestimiento, metálico y poli(cloruro de vinilo) (PVC), cuando los documentos del proyecto así lo requieran.

Las canastas de colchogaviones tienen un espesor que es varias veces menor que su largo y su ancho.

682.2 MATERIALES

682.2.1 Canastas metálicas

682.2.1.1 Requisitos

Las canastas metálicas deberán estar formadas de alambre de acero con recubrimiento metálico (o con recubrimiento metálico y recubrimiento posterior de PVC) de triple torsión, con huecos hexagonales: deberán cumplir los requisitos de materiales y de fabricación establecidos en la norma ASTM A 975 "Standard Specification for Double-Twisted Hexagonal Mesh Gabions and Revet Mattresses (Metallic-Coated Steel Wire or Metallic-Coated Steel Wire With Poly(Vinyl Chloride) (PVC) Coating)".

682.2.1.2 Clasificación

Los colchogaviones se clasifican en 4 clases, en función del recubrimiento del alambre, como se menciona en la Tabla 682 – 1.

Tabla 682 – 1. Clases de colchogaviones según el tipo de recubrimiento del alambre

CLASE	TIPO DE RECUBRIMIENTO
1	Metálico tipo 1: zinc (galvanizado)
2	Metálico tipo 2: aleación Zn-5A1-MM
3	Metálico tipo 1 y PVC
4	Metálico tipo 2 y PVC

Los colchogaviones de clase 1 estarán elaborados con alambres de acero recubiertos con zinc (galvanizado).

Los colchogaviones de clase 2 estarán elaborados con alambres de acero recubiertos con una aleación de zinc, aluminio y tierras raras, denominada Zn-5A1-MM.

Los colchogaviones de clase 3 estarán elaborados con alambres de la clase 1 (recubiertos con zinc) sobre los cuales se aplica un segundo recubrimiento en poli(cloruro de vinilo) (PVC).

Los colchogaviones de clase 4 estarán elaborados con alambres de la clase 2 (recubiertos aleación Zn-5A1-MM) sobre los cuales se aplica un segundo recubrimiento en poli(cloruro de vinilo) (PVC).

Para todas las clases de colchogaviones, todos los alambres que constituyen las canastas, tanto principales como secundarios (alambre de las canastas propiamente dicho, de las aristas o bordes, de los templetes, de los amarres y de los anclajes) deberán tener el revestimiento especificado en los documentos del proyecto. El recubrimiento especificado se deberá aplicar a los alambres antes de entrelazarlos entre sí con triple torsión para la elaboración de las mallas para las canastas.

682.2.1.3 Características del alambre

682.2.1.3.1 Resistencia a la tensión

Todos los alambre serán de acero de bajo temple; su resistencia a la tensión deberá estar entre cuatrocientos quince y quinientos megapascales

(415 a 500 MPa), cuando se verifique de acuerdo a lo establecido en el método de ensayo ASTM E 8.

682.2.1.3.2 Diámetro de los alambres

El diámetro de mínimo de los alambres deberá cumplir los requisitos mencionados en la Tabla 682 – 2.

Tabla 682 – 2. Diámetro mínimo nominal de los alambres

CARACTERÍSTICA	TIPO DE RECUBRIMIENTO	
	METÁLICO (Clases 1 y 2)	METÁLICO Y PVC (Clases 3 y 4)
- Malla	2.20 mm	2.20 mm
- Aristas y bordes	2.70 mm	2.70 mm
- Amarres	2.20 mm	2.20 mm

682.2.1.3.3 Recubrimiento metálico

El alambre con recubrimiento metálico deberá estar libre de astillas, escamas y otras imperfecciones que no sean consistentes con las buenas prácticas de fabricación de estos elementos. El recubrimiento deberá ser continuo y razonablemente homogéneo; se permitirá la soldadura en fábrica de los extremos del alambre para conseguir la longitud necesaria en los rollos de empaque.

El recubrimiento con zinc de todos los alambres para los colchogaviones de clases 1 y 3 deberá cumplir los requerimientos la norma ASTM A 641 para acero de bajo temple con recubrimiento clase 3.

El recubrimiento con aleación Zn-5Al-MM de todos los alambres para los colchogaviones de clases 2 y 4 deberá cumplir los requerimientos la norma ASTM A 856 para acero de bajo temple con recubrimiento clase 3.

La cantidad mínima del recubrimiento metálico, en masa por unidad de área de la superficie del

alambre sin recubrir, deberá cumplir lo indicado en la Tabla 682 – 3; el ensayo se ejecutará según la norma de ensayo ASTM A 90.

Tabla 682 – 3. Masa mínima del recubrimiento metálico del alambre

DIÁMETRO DEL ALAMBRE (mm)	MASA DEL RECUBRIMIENTO METÁLICO (ZINC O ALEACIÓN Zn-5 AL-MM) POR UNIDAD DE ÁREA DE LA SUPERFICIE DEL ALAMBRE SIN RECUBRIR (g/m ²)
2.20	230
2.70	245

El alambre, con su recubrimiento metálico, deberá poder ser enrollado alrededor de un mandril cilíndrico de acero formando una espiral apretada a razón de 15 giros por minuto sin que el recubrimiento metálico se agriete o descascare hasta tal punto que cualquier partícula del recubrimiento (zinc o aleación Zn-5A1-MM) se pueda remover frotando con los dedos desnudos. El mandril para la prueba de adherencia deberá tener el diámetro indicado en la Tabla 682 – 4, el cual está en función del diámetro nominal del alambre, D.

Tabla 682 – 4. Diámetro del mandril para la prueba de adherencia del recubrimiento metálico

DIÁMETRO NOMINAL DEL ALAMBRE , D (mm)	DIÁMETRO DEL MANDRIL (mm)
2.20 a 3.00	3 D

El aflojamiento o desprendimiento durante la prueba de pequeñas partículas del recubrimiento metálico (zinc o aleación Zn-5A1-MM) que se hayan formado por pulimiento mecánico de la superficie del alambre recubierto no se considerará como causa de rechazo del recubrimiento metálico.

682.2.1.3.4 Recubrimiento en PVC

El recubrimiento con poli(cloruro de vinilo) (PVC) de todos los alambres para los colchogaviones de clases 3 y 4, que se coloca sobre el recubrimiento metálico, deberá cumplir los requerimientos de la norma

ASTM A 975; su espesor deberá cumplir los requisitos indicados en la Tabla 682 – 5.

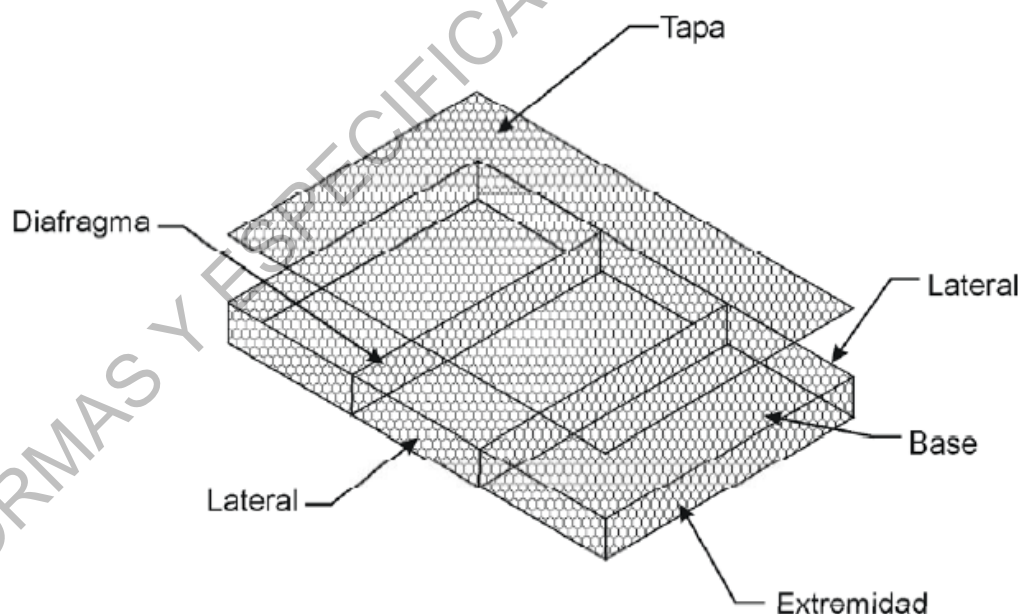
Tabla 682 – 5. Espesor del recubrimiento de PVC

CARACTERÍSTICA	REQUISITO
Espesor nominal (mm)	0.50
Espesor mínimo (mm)	0.38

682.2.1.4 Características de la malla para colchogavión

En las normas ASTM A 975 y NTC 3555 se indica la nomenclatura de los elementos que integran el colchogavión, así como su configuración y detalles de fabricación; las partes del colchogavión se ilustran en la Figura 682 – 1.

Figura 682 – 1. Partes de un colchogavión



La abertura de malla deberá ser tipo seis (6) por ocho (8) centímetros; estas medidas se obtienen tomando las longitudes en ángulo recto en sentidos vertical y horizontal, como se muestra en la Figura 682 – 2. La canasta metálica

deberá llevar diafragmas conformando celdas de largo no mayor a 1.0 m. Las medidas nominales de los colchogaviones y su número de celdas se muestran en la Tabla 682 – 6.

Figura 682 –2. Abertura de la malla de colchogavión

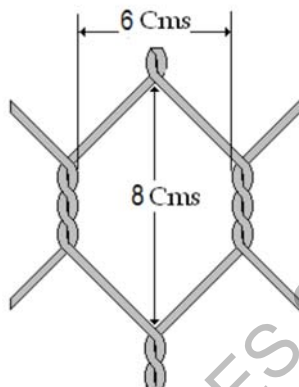


Tabla 682 – 6. Medidas nominales y número de celdas de los colchogaviones

LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTURA (m)	NÚMERO DE CELDAS	VOLUMEN (m³)
3.0	2.0	0.17	3	1.02
4.0	2.0	0.17	4	1.36
3.0	2.0	0.23	3	1.38
4.0	2.0	0.23	4	1.84
3.0	2.0	0.30	3	1.80
4.0	2.0	0.30	4	2.40

Todos los bordes y aristas deberán ser rematados, como mínimo, envolviendo los alambres de la malla alrededor del alambre de borde por lo menos dos veces y media, con excepción de la unión de los paneles laterales y diafragmas con la base, que podrán ser doblados con una sola abertura de malla.

Los requisitos de resistencia mínima de la malla, de las conexiones de la malla con los alambres de las aristas o bordes, de las conexiones entre paneles y de las pruebas de punzonamiento son los mostrados en la Tabla 682 – 7. Los ensayos se deberán realizar siguiendo los métodos descritos en la norma ASTM A 975.

Tabla 682 – 7. Resistencia mínima de la malla y las conexiones

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO	TIPO DE RECUBRIMIENTO	
	METÁLICO (Clases 1 y 2)	METÁLICO Y PVC (Clases 3 y 4)
Resistencia de la malla, mínimo (kN/m)		
- Ensayo paralelo al entorchado de los alambres	33.6	33.6
- Ensayo perpendicular al entorchado de los alambres	13.1	13.1
Resistencia de las conexiones, mínimo (kN/m)		
- Conexiones a los bordes y aristas	10.2	10.2
- Conexiones entre paneles	10.2	10.2
Ensayo de punzonamiento	17.8	17.8

682.2.2 Material de llenado - piedras

El material de llenado podrá consistir en piedras o rocas de canto rodado o de cantera; las piedras deberán ser duras y durables, no susceptibles a desintegración por la exposición al agua o a la intemperie. Deberán estar razonablemente libres de materia orgánica; no deben tener óxido de hierro con excesiva alcalinidad o compuestos salinos, cuya composición pueda atacar el alambre de la canasta.

Deberá cumplir, además, los requisitos descritos en la Tabla 682 - 8.

682.2.3 Geotextil de separación

Si los documentos del proyecto así lo indican, sobre la superficie compactada se deberá instalar un geotextil de separación, el cual deberá cumplir con lo especificado en el Artículo 231, numeral 231.1.2.

682.3 EQUIPO

Se requieren, principalmente, equipos para transporte del material de relleno y para la eventual adecuación de la superficie sobre la cual se construirán los colchogaviones, así como herramientas manuales para las operaciones de tensionamiento, amarre y cierre de las canastas metálicas.

Tabla 682 – 8. Características del material granular para llenado de colchogaviones (piedras)

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO	REQUISITO
Granulometría (F)		
- Tamaño máximo (mm)	Nota 1	150
- Tamaño mínimo (mm)		80
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación 1), máximo (%)	INV E-219	50
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%)	E-220	
- Sulfato de sodio		12
- Sulfato de magnesio		18
Resistencia mecánica (O)		
$Relación \frac{\text{Resistencia a la compresión simple}}{\text{Máximo esfuerzo de trabajo}}$	ASTM D7012 Método C	≥ 250
- La muestra para el ensayo se obtendrá tomando núcleos de piedras representativas		
Geometría de las partículas <i>Nota 3</i>		
Partículas con relación largo / espesor mayor que 3, máximo (%)	-	10 %
Masa unitaria (F)		
Masa unitaria de las canastas llenas con agregado compactado, mínimo (kg/m³) <i>Nota 3</i>	Nota 2	1250
Absorción (O)		
Absorción de agua, máximo (%)	E-223	2.0
- La muestra para el ensayo se obtendrá fragmentando una muestra representativa de las piedras		

Nota 1: El Constructor debe tener en obra unas mallas con aberturas de 80 y 150 mm para control de la granulometría. En ningún caso, el material de relleno podrá ser menor de ocho centímetros (8 cm)

Nota 2: El procedimiento constructivo que debe elaborar el Constructor para aprobación de la Interventoría debe incluir un método para la verificación de la masa unitaria de las canastas llenas. El material deberá presentar una adecuada distribución de tamaños para cumplir el requisito establecido.

Nota 3: Los documentos podrán especificar un valor mayor de masa unitaria de las canastas llenas con agregado compactado, por ejemplo 1600 kg/m³. Así mismo, podrán requerir el uso de material granular triturado para el relleno de las canastas.

682.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

La ejecución de los trabajos de colchogaviones deberá adelantarse siguiendo lo indicado en el numeral 681.4 del Artículo 681, “Gaviones de malla de alambre de acero entrelazado”.

682.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

682.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Comprobar el estado y el funcionamiento del equipo utilizado por el Constructor.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan con los requisitos de calidad estipulados en la presente especificación.
- Verificar que el alineamiento y las pendientes y dimensiones de la obra se ajusten al diseño.

El Interventor medirá, para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado.

682.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Se verificará que las canastas metálicas y el material de llenado satisfagan las exigencias de los planos y de esta especificación y que la estructura construida esté en concordancia con los alineamientos, pendientes y secciones indicados en los documentos del proyecto y las eventuales modificaciones aprobadas por el Interventor.

682.5.2.1 Calidad de las canastas

Por cada lote de canastas y alambres complementarios que llegue a la obra, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación de calidad de estos elementos, expedida por el fabricante de los mismos, con los respectivos reportes de ensayos de laboratorio, los cuales deberán satisfacer todos los requisitos establecidos en el numeral

682.2.1. Dicha constancia no evitará, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del Interventor ni implica, necesariamente, la aceptación de la entrega.

682.5.2.2 Tolerancias en las canastas metálicas

Las dimensiones en la abertura hexagonal de la malla de triple torsión no deberá diferir en más de seis milímetros (± 0.6 cm) en el sentido horizontal ni en más de nueve milímetros (± 0.9 cm) en el sentido vertical, tomando las medidas en ángulo recto en sentido vertical y horizontal como se indica en la norma ASTM A 975, con respecto a lo indicado en el numeral 682.2.1.4.

El ancho, la altura y la longitud de una canasta para colchogavión al fabricarse, no deberán diferir, antes de su llenado, en más de dos centímetros (± 2 cm) en la menor dimensión y en más de cinco centímetros (± 5 cm) en las otras dos dimensiones, con respecto a lo indicado en el numeral 682.2.1.4.

La tolerancia en los diámetros de los alambres será de más o menos ocho centésimas de milímetro (± 0.08 mm) , con relación a lo indicado en la Tabla 682 – 2.

En caso de deficiencias en los materiales o en la ejecución de la obra, el Constructor deberá acometer, sin costo adicional alguno para el Instituto Nacional de Vías, las correcciones necesarias de acuerdo con las instrucciones de Interventor, a plena satisfacción de éste.

682.5.2.3 Calidad de los materiales de llenado de los gaviones

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto se tomarán cuatro (4) muestras y de cada fracción de ellas se verificará su calidad y granulometría, según los requisitos indicados en el numeral 682.2.2. Los resultados deberán satisfacer las exigencias allí establecidas; si los materiales no cumplen con la totalidad de los requisitos serán rechazados.

Durante la etapa de producción, el Interventor examinará las descargas de los acopios y ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica y tamaños superiores o inferiores al máximo y al mínimo especificados.

682.6 MEDIDA

La unidad de medida de los colchogaviones será el metro cúbico (m^3), aproximado al décimo de metro cúbico. El volumen se determinará sumando los volúmenes de las canastas de colchogavión instaladas y recibidas a satisfacción por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se medirán cantidades en exceso de las recién indicadas.

Se medirán por aparte para pago las excavaciones y rellenos requeridos para la preparación de la fundación, los rellenos laterales y los geotextiles.

682.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción del Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por conceptos de equipos, herramientas y mano de obra; suministro e instalación de las canastas; la extracción, preparación y suministro de los materiales para el llenado de los colchogaviones; la construcción o adecuación de las vías de acceso a las fuentes, la obtención de los permisos y derechos de explotación; la adecuación de las fuentes al terminar la explotación para recuperar sus características hidrológicas superficiales, el cargue, transporte y descargue de los fragmentos de roca; el llenado, amarre y anclaje de los colchogaviones; y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos, de acuerdo con los planos, esta especificación y las instrucciones del Interventor.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos por concepto del suministro e instalación de abrazaderas, alambre, separadores, silletas de alambre o cualquier otro elemento utilizado para sostener y mantener el colchogavión en su sitio, así

como la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

Se pagarán por aparte las excavaciones y rellenos requeridos para la preparación de la fundación, los rellenos laterales y los geotextiles, de acuerdo con los siguientes Artículos:

- Excavaciones: Artículo 600, "Excavaciones varias"
- Rellenos: Artículo 610, "Rellenos para estructuras"
- Geotextiles: Artículo 231, "Separación de suelos de subrasante y capas granulares con geotextil "

682.8 ÍTEM DE PAGO

682.1	Colchogaviones de malla de alambre de acero entrelazado clase 1: recubrimiento de zinc (galvanizado)	Metro cúbico (m ³)
682.2	Colchogaviones de malla de alambre de acero entrelazado clase 2: recubrimiento de aleación Zn-5A1-MM	Metro cúbico (m ³)
682.3	Colchogaviones de malla de alambre de acero entrelazado clase 3: recubrimiento de zinc (galvanizado) y PVC	Metro cúbico (m ³)
682.4	Colchogaviones de malla de alambre de acero entrelazado clase 4: recubrimiento de aleación Zn-5A1-MM y PVC	Metro cúbico (m ³)

MUROS DE TIERRA ESTABILIZADA MECÁNICAMENTE CON GEOSINTÉTICOS

ARTÍCULO 683 – 13

683.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la construcción de muros de tierra estabilizada mecánicamente con geosintéticos, en los sitios y con las dimensiones señalados en los planos del proyecto o indicados por el Interventor.

683.2 MATERIALES

683.2.1 Geosintéticos

Los geosintéticos por emplear en las capas de refuerzo y en las fachadas podrán ser geotextiles o geomallas. Los tipos y las propiedades requeridas de los geosintéticos serán los establecidos en los documentos del proyecto; las propiedades de los geosintéticos relacionadas con los requisitos de diseño serán, como mínimo, las indicadas en la Tabla 683-1.

Las propiedades de los geosintéticos se expresan en general en términos de valores mínimos promedio por rollo (VMPR). El valor mínimo promedio por rollo (VMPR) es una herramienta de control de calidad que le permite a los fabricantes establecer los valores en sus certificados de manera que el comprador tenga un nivel de confianza del 97.7 % de que las propiedades, medidas sobre el producto que compra, cumplen con los valores certificados. Para datos que tengan una distribución normal, el valor VMPR se calcula como el valor típico menos dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores mínimos, o más dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores máximos.

Los valores promedio de los resultados de los ensayos practicados a cualquier rollo deberán satisfacer los requisitos establecidos en este Artículo.

Tabla 683 - 1. Propiedades de los geosintéticos relacionadas con los requisitos de diseño

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO ASTM	REQUISITO
Resistencia a la tensión última en la dirección del refuerzo, mínimo (kN/m): - Geotextiles - Geomallas	D 4595 D 6637	Según lo establecido en los documentos del proyecto
Resistencia a la tensión a largo plazo en la dirección del refuerzo, mínimo (kN/m):	Numeral 683.2.1.1	Según lo establecido en los documentos del proyecto
Resistencia de las uniones o nodos de las geomallas	GRI GG2	Según lo establecido en los documentos del proyecto
Coefficiente de interacción geosintético/suelo por extracción para el tipo de relleno contemplado en el proyecto, mínimo	D 6706	0.85
Coefficientes de deslizamiento pico y residual en la interfaz geosintético/suelo, para el tipo de relleno contemplado en el proyecto, mínimo	D 5321	Según lo establecido en los documentos del proyecto
Estabilidad ultravioleta: resistencia retenida después de 500 horas de exposición, valor mínimo (%)	D 4355	70

Nota 1: GRI método de ensayo del Geosynthetic Research Institute

683.2.1.1 Resistencia a largo plazo

Los valores de resistencia a largo plazo de los geosintéticos deberán cumplir los requisitos establecidos en los documentos del proyecto; estos valores se deberán determinar a partir de la resistencia última, aplicando los factores de reducción (ecuación 683.1) determinados mediante ensayos o establecidos como valores por defecto, según las recomendaciones de las siguientes guías del *Geosynthetic Research Institute* (Instituto de Investigaciones sobre Geosintéticos):

- GRI GG4(a) *Determination of the Long-Term Design Strength of Stiff Geogrids* (Determinación de la resistencia a largo plazo de geomallas rígidas);
- GRI GG4(b) *Determination of the Long-Term Design Strength of Flexible Geogrids* (Determinación de la resistencia a largo plazo de geomallas flexibles);
- GRI GT7 *Determination of Long-Term Design Strength of Geotextiles* (Determinación de la resistencia a largo plazo de geotextiles).

$$RF = RF_{ID} \times RF_{CR} \times RF_D \quad [683.1]$$

Siendo:

RF = Factor de reducción de resistencia combinado, que tiene en cuenta el potencial de degradación a largo plazo debido a daños de instalación, fluencia y degradación química y biológica.

RF_{ID} = Factor de reducción de resistencia para tener en cuenta los daños de instalación.

RF_{CR} = Factor de reducción de resistencia para prevenir la rotura del refuerzo a largo plazo por fluencia (creep).

RF_D = Factor de reducción de resistencia para prevenir la rotura del refuerzo por degradación química y biológica.

Así mismo, se deberán tener en cuenta los criterios indicados en las siguientes publicaciones de la AASHTO y la FHWA:

- AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Customary U.S. Units.
- FHWA-NHI-00-043, *Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes – Design & Construction Guidelines* (Guías de diseño y construcción de muros de

tierra mecánicamente estabilizada y taludes de suelo reforzado).

- FHWA-NHI-10-024, *Design and Construction of Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes – Volume I* (Diseño y construcción de muros de tierra mecánicamente estabilizada y taludes de suelo reforzado - volumen I).
- FHWA-NHI-10-025, *Design and Construction of Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes – Volume II* (Diseño y construcción de muros de tierra mecánicamente estabilizada y taludes de suelo reforzado - volumen II)

El Constructor deberá entregar las certificaciones de los ensayos efectuados para determinar los factores de reducción específicos para las condiciones del proyecto, suministradas por el proveedor del geosintético; en ausencia de estos ensayos, se deberán emplear los valores por defecto mencionados en las guías del *Geosinthetic Research Institute* y de la FHWA.

Para la determinación de los factores de reducción se deberán tener en cuenta, además, las consecuencias que pueda tener la falla o el comportamiento deficiente del geosintético, según los criterios establecidos en los documentos de la AASHTO y la FHWA citados anteriormente.

Algunas de las pautas que se deberán tener en cuenta para la selección de los factores de reducción son las siguientes:

- Para geosintéticos que cuenten con todos los ensayos y pruebas específicas para el producto, relacionados con daños durante la instalación, fluencia (creep) y degradación (química y biológica), el valor de reducción de resistencia combinado, RF, deberá estar típicamente entre 3.0 y 6.0. En ningún caso, el valor de RF podrá ser menor que 2.0.

- Para geosintéticos que no cuenten con todos los ensayos y pruebas específicas para el producto como soporte para la determinación de los factores de reducción, y sea necesario emplear valores por defecto, el valor de reducción de resistencia combinado, RF , no deberá ser menor que 7.0.
- El período de diseño para la selección de los factores de reducción será el definido en los documentos del proyecto, pero no será menor de 100 años para obras permanentes.
- El factor de reducción por daños durante la instalación, RF_{ID} , se deberá escoger en función del tipo de material de relleno por emplear.
- En cualquier caso, los valores de RF_{ID} y RF_D no podrán ser menores a 1.1.

683.2.1.2 Empalmes en la dirección del refuerzo

Si los documentos del proyecto contemplan la ejecución de empalmes en la dirección del refuerzo (costuras de geotextiles o empalmes mecánicos de geomallas), las resistencias última y a largo plazo a la tensión de esos empalmes, en la dirección perpendicular al empalme, deberán cumplir con los valores especificados en la Tabla 683 – 1; la medición de la resistencia última y el cálculo de la resistencia a largo plazo de los empalmes se realizarán con los mismos procedimientos de ensayo y análisis que se utilizan para determinar las resistencias del geosintético.

683.2.1.3 Documentación de soporte de la resistencia a largo plazo

Para la aprobación de los geosintéticos de refuerzo, el fabricante o proveedor deberá suministrar la información sobre las propiedades que se mencionan en la Tabla 683 – 2, relacionada con la resistencia a largo plazo para diseño.

Tabla 683 - 2. Información de soporte para la determinación de la resistencia a largo plazo de los geosintéticos

PROPIEDAD	MÉTODO o NORMA DE ENSAYO
Comportamiento en fluencia para un rango de niveles de carga, para una duración mínima de 10,000 horas	ASTM D 5262
Resultados de ensayos de laboratorio y metodología para la extrapolación de los datos de fluencia para 75 y 100 años	FHWA-NHI-10-025 Vol II Apéndice D
Resistencia última a la tensión: <ul style="list-style-type: none"> - Geotextiles - Geomallas Los ensayos se ejecutarán a una tasa de deformación de 10 % por minuto	ASTM D 4595 ASTM D 6637
Resultados de ensayos de laboratorio y técnicas de extrapolación que documenten las siguientes características para todos los componentes del geosintético: <ul style="list-style-type: none"> - Resistencia a la hidrólisis del poliéster (PET) - Resistencia a la oxidación del polipropileno (PP) y polietileno de alta densidad (HDPE) - Resistencia al agrietamiento por esfuerzos del polietileno de alta densidad (HDPE) - Factores de seguridad parciales por degradación por envejecimiento para 75 y 100 años. 	Métodos recomendados en el documento FHWA RD 97-144
Resultados de ensayos de campo y laboratorio, así como criterios utilizados de la literatura especializada, que soporten los factores de reducción por deterioro en la instalación en función de la gradación del material de relleno	Guías del documento FHWA-NHI-10-025 Vol II
Resultados de ensayos de laboratorio y metodología para la extrapolación que documenten la resistencia a la degradación biológica de todos los materiales que componen el geosintético y los valores de reducción correspondientes (<i>Nota 1</i>)	Guías del documento FHWA-NHI-10-025 Vol II
Resistencia de las uniones o nodos de las geomallas	GRI GG2
Coeficientes de interacción geosintético/suelo por extracción para varios tipos de suelo	ASTM D 6706
Coeficientes de deslizamiento en las interfaces geosintético/suelo, para varios tipos de suelo, y	ASTM D 5321

PROPIEDAD	MÉTODO o NORMA DE ENSAYO
geosintético/geosintético	
Información sobre la resina primaria usada en la fabricación del geosintético: <ul style="list-style-type: none"> - Resina tipo HDPE (polietileno de alta densidad): identificación de tipo, clase, grado y categoría - Resina tipo PP (polipropileno): identificación de grupo, clase y grado - Resina tipo PET (poliéster): <ul style="list-style-type: none"> - viscosidad intrínseca mínima - grupo carboxilo final máximo 	ASTM D 1248 ASTM D 4101 ASTM D 4603 ASTM D 2455
Estabilidad ultravioleta mínima	ASTM D 4355

Nota 1: Para proyectos con riesgo de que se presente degradación biológica.

683.2.1.4 Control de calidad de la producción

El fabricante de los geosintéticos deberá contar con un proceso de producción que cuente con un sistema de gestión de la calidad certificado bajo la norma ISO 9001. El laboratorio, propio o externo, que se use para realizar los ensayos de control de la calidad de la producción, deberá estar acreditado bajo la norma ISO/IEC 17025 o contar con una acreditación GAI-LAP del Instituto de Acreditación de Geosintéticos, GAI.

El fabricante o proveedor deberá suministrar el programa de control de calidad y los datos de soporte, donde se indiquen los requisitos de ensayos, los métodos de ensayo, la frecuencia de los ensayos, los criterios de aceptación en la fabricación y el tamaño del lote para evaluación de cada producto; los criterios de aceptación contemplados en el programa de control de calidad del fabricante deberán ser, como mínimo, los indicados en la Tabla 683 – 3.

Tabla 683 - 3. Criterios mínimos de aceptación que debe contemplar el programa de control de calidad del fabricante

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO ASTM
Resistencia a la tensión: <ul style="list-style-type: none"> - Geotextiles: resistencia en tira ancha - Geomallas: resistencia individual de las costillas 	D 4595 D 6637
Resistencia de las uniones o nodos de las geomallas	GRI GG2
Productos de polietileno de alta densidad (HDPE): <ul style="list-style-type: none"> - Gravedad específica - Índice de fluidez 	D 1505 D 1238
Productos de polipropileno (PP): <ul style="list-style-type: none"> - Índice de fluidez 	D 1238
Resina de poliéster (PET): <ul style="list-style-type: none"> - Viscosidad intrínseca - Grupo carboxilo final 	D 4603 D 2455

683.2.1.5 Geotextiles

En general, se podrán emplear geotextiles tejidos elaborados a partir de polímeros sintéticos de cadena larga, compuestos de un porcentaje mínimo del 95 % en masa de poliolefinas o poliéster; las fibras del geotextil deberán conformar una red estable que mantenga la estabilidad dimensional entre ellas, incluyendo los bordes. El geotextil deberá permitir el libre paso del agua en todo momento.

El geotextil deberá ser fabricado con un 100 % de resina virgen, con un máximo de 5 % de material re-molido en planta. La resina de poliéster deberá tener un peso molecular mínimo de 20,000 (métodos de ensayo GRI-GG6 y ASTM D 4603) y un grupo carboxilo final máximo de 50 (método de ensayo GRI-GG7); los productos de polietileno y polipropileno deberán ser estabilizados con antioxidantes de largo plazo.

Las propiedades mecánicas por supervivencia y las propiedades hidráulicas serán las establecidas en los documentos del proyecto; en este numeral se indican las propiedades mínimas que deberá tener el geotextil.

683.2.1.5.1 Propiedades mecánicas por supervivencia a la instalación

Las propiedades mecánicas para condiciones normales de instalación se especifican en la Tabla 683 - 4, en términos de Valores Mínimos Promedio por Rollo (VMPR).

Tabla 683 - 4. Propiedades mecánicas del geotextil por supervivencia en términos de VMPR
(Medidas en el sentido más débil del geotextil)

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO ASTM	REQUISITO
Elongación, valor máximo	D 4632	50 %
Peso por unidad de área, mínimo (g/m ²)	D 5261	270
Resistencia a la tensión Grab, valor mínimo (N)	D 4632	1400
Resistencia de la costura a tensión Grab, valor mínimo (N)	D 4632	1260
Resistencia a la penetración con pistón de 50 mm de diámetro, valor mínimo (N)	D 6241	2750
Resistencia al rasgado trapezoidal, valor mínimo (N) (Nota 1)	D 4533	500

Nota 1: El VMPR para la resistencia al rasgado trapezoidal de los geotextiles tejidos monofilamento deberá ser de 250 N.

683.2.1.5.2 Propiedades hidráulicas

El geotextil de refuerzo deberá ser permeable; deberá permitir el flujo libre del agua dentro del relleno, sin atraparla ni generar empozamientos. Salvo que los documentos del proyecto indiquen otra cosa, las propiedades hidráulicas que deberá

cumplir el geotextil se indican en la Tabla 683 - 5, en términos de Valores Mínimos Promedio por Rollo (VMPR).

Tabla 683 - 5. Propiedades hidráulicas del geotextil en términos de VMPR

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO ASTM	REQUISITO
Permitividad, valor mínimo (s^{-1})	D 4491	0.5
Permeabilidad	D 4491	Según lo establecido en los documentos del proyecto. Debe ser mayor que la permeabilidad del suelo.

683.2.1.6 Geomallas

La geomalla deberá tener una geometría regular de elementos resistentes a la tensión interconectados, con apertura suficiente para permitir una adecuada trabazón mecánica con los materiales de relleno; deberá ser capaz de mantener su estabilidad dimensional durante su instalación y el tráfico normal de construcción que circule sobre la capa de relleno que se coloque sobre ella. Debe resistir el daño durante construcción, la degradación ultravioleta y debe tener resistencia a largo plazo a la degradación química y biológica.

La geomalla de refuerzo deberá ser, preferiblemente, uniaxial.

La geomalla deberá ser fabricada con un 100 % de resina virgen consistente en polietileno, polipropileno o poliéster, con un máximo de 5 % de material re-molido en planta. La resina de poliéster deberá tener un peso molecular mínimo de 25,000 (métodos de ensayo GRI-GG6 y ASTM D 4603) y un grupo carboxilo final máximo de 30 (método de ensayo GRI-GG7); los productos de polietileno y polipropileno deberán ser estabilizados con antioxidantes de largo plazo.

El fabricante deberá documentar la supervivencia de las uniones a la instalación mediante pruebas a escala real, según la norma ASTM D 5818, que demuestren la integridad de las mismas bajo las condiciones del proyecto (suelo de apoyo, espesor de capas, materiales de relleno, equipo de construcción). La geomalla se cubrirá con una capa de material de relleno de 15 cm de espesor mínimo y será sometida al paso repetido de una volqueta cargada hasta producir un ahuellamiento de 10 cm; el informe de las pruebas deberá incluir un registro fotográfico de la geomalla recuperada, que muestre claramente que las uniones no se han desplazado ni sufrido deterioro alguno durante el proceso de instalación.

683.2.1.7 Suministro y manejo de los geosintéticos

Los geosintéticos deberán estar debidamente empacados; la identificación, el almacenamiento y el manejo de los rollos de geosintético se deberán hacer atendiendo lo dispuesto en la norma ASTM D 4873.

Los rollos de geosintético se deberán almacenar, preferiblemente, en sitios cubiertos y protegidos de la luz solar. Si el almacenamiento se hace a la intemperie, el empaque deberá ser opaco e impermeable y los rollos de geosintético se deberán colocar elevados sobre soportes o estantes y no sobre el piso.

Los rollos de geosintéticos no podrán ser arrastrados, izados por un extremo, levantados por medio de cables o cadenas o lanzados al piso.

683.2.2 Elementos especiales de fachada

Los documentos del proyecto pueden especificar elementos de fachada diferentes a los geosintéticos de fachada, como bloques prefabricados de concreto especialmente diseñados para su uso en muros de tierra mecánicamente estabilizada, con elementos de sujeción a los geosintéticos de refuerzo. Estos elementos se deberán definir mediante especificación particular, junto con los elementos de sujeción de estos elementos a los geosintéticos; la especificación particular deberá indicar, también, los requisitos de resistencia a largo plazo para las uniones de los

elementos especiales de fachada con los geosintéticos y los procedimientos y las normas para su evaluación, teniendo en cuenta los criterios y métodos establecidos en el documento FHWA NHI-10-025 Vol II, apéndice B.

683.2.3 Material de relleno

Los documentos del proyecto definirán los requisitos que deberá cumplir el material de relleno, el cual podrá ser: material granular tipo SBG (Artículo 610, numeral 610.2.3), material granular tipo BG (Artículo 610, numeral 610.2.3), o un material de características diferentes, definidas en los documentos del proyecto. El tamaño máximo del agregado deberá ser de 19 mm (3/4").

El pH del material de relleno, determinado según la norma de ensayo AASHTO T 289, deberá estar entre 5.0 y 9.0. El contenido de materia orgánica, determinado según la norma de ensayo INV E-121 para la porción de material que pasa el tamiz de 2 mm (No. 10), no podrá ser mayor que 1 %.

683.2.4 Materiales accesorios

Los materiales accesorios, tales como grapas, arandelas, elementos de fijación y demás elementos necesarios para la instalación del geosintético y su conexión con los elementos de fachada, deberán cumplir con los requisitos establecidos por el fabricante del mismo.

683.3 EQUIPO

Se deberá disponer de los equipos necesarios para instalar los geosintéticos correctamente, así como de elementos de corte y costura y, además, de todos aquellos que se requieran para explotar, procesar, cargar, transportar, extender y compactar el material de relleno, de conformidad con esta especificación y los planos del proyecto o las instrucciones del Interventor.

El equipo que se use para compactar las capas de relleno sobre el geosintético deberá ser acorde con la clase del geosintético, el espesor de capa y las características de los materiales de apoyo y relleno.

Para la colocación del geosintético de fachada, el Contratista deberá suministrar formaletas metálicas o de madera suficientemente fuertes para resistir la compactación del material adyacente.

683.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

683.4.1 Generalidades

Durante el transporte y el almacenamiento, los geosintéticos deberán tener empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo, y otros materiales que puedan afectar sus propiedades.

El Constructor deberá presentar al Interventor, para su aprobación, los planos detallados de disposición de los geosintéticos y los elementos de fachada, secuencias y procedimientos constructivos, con los detalles de los empalmes (traslapes, empalmes mecánicos, etc), con anticipación no menor a 7 días con respecto a la iniciación de los trabajos.

Los trabajos se deberán efectuar con una adecuada coordinación entre las actividades de colocación del geosintético y la colocación, conformación y compactación del material de relleno, de manera que el geosintético quede expuesto el menor tiempo posible.

683.4.2 Preparación del terreno

Antes de iniciar la construcción de los muros de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos, el terreno de apoyo deberá ser preparado como se indica en el numeral 220.4.2 del Artículo 220, "Terraplenes".

La superficie deberá quedar nivelada y deberá ser firme. La firmeza se comprobará por medio del paso de una volqueta completamente cargada; toda zona débil deberá ser excavada y reemplazada con un suelo adecuado y compactado. La superficie preparada del terreno deberá ser inspeccionada y aprobada por el Interventor.

La superficie del terreno de apoyo preparado deberá estar libre de rocas, piedras grandes u otros elementos que puedan deteriorar el geosintético.

Además, de deberán adelantar las labores adicionales de preparación del terreno que indiquen los documentos del proyecto. Para el caso de sistemas de elementos prefabricados de fachada, los documentos indicarán el sistema de apoyo en concreto que se requiere instalar a nivel de cimentación.

683.4.3 Colocación de los geosintéticos**683.4.3.1 Extensión**

El geosintético de refuerzo se deberá instalar de acuerdo con las recomendaciones del fabricante; se colocará entre las capas de relleno compactado, según lo indicado en los planos y demás documentos del proyecto, con los ajustes y modificaciones que apruebe el Interventor.

Los rollos se deberán extender en la dirección del refuerzo principal, perpendiculares al talud (vista en planta), sobre la superficie compactada y aceptada del terreno de apoyo o de la capa subyacente de relleno, sin arrugas o dobleces. No se permitirán empalmes en la dirección del refuerzo, a no ser que éstos se muestren en los planos. Los geosintéticos se deberán instalar según las cotas de los planos, sin que difieran de éstas en más de 50 mm, y en una longitud nunca menor que la señalada en ellos.

El geosintético se deberá templar manualmente y asegurar a la superficie para mantener la tensión y prevenir movimientos durante la colocación del relleno; la sujeción a la superficie se deberá hacer según las recomendaciones del fabricante, por medio de grapas o elementos similares.

Los rollos adyacentes se colocarán con o sin traslapes entre ellos, o con conexiones mecánicas entre ellos, según lo indiquen los documentos del proyecto; las conexiones mecánicas (costuras de geotextiles o ganchos en geomallas, etc) se deberán hacer usando los materiales y siguiendo las recomendaciones del fabricante del geosintético.

El traslapo (mínimo de 15 cm) o conexión mecánica entre rollos adyacentes es indispensable cuando los planos del proyecto indiquen que el geosintético debe envolver la superficie del talud; las conexiones mecánicas (costuras de geotextiles o ganchos en geomallas, etc) se deberán hacer usando los materiales y siguiendo las recomendaciones del fabricante del geosintético.

No se permitirá que el geosintético quede expuesto, sin cubrir, por un lapso mayor a tres (3) días.

No se permitirá la circulación de equipos sobre el geosintético antes de que esté cubierto con una capa de relleno de por lo menos 15 cm de espesor. Se debe evitar el frenado brusco o los giros cerrados que ocasionen algún desplazamiento del material de relleno.

683.4.3.2 Empalmes

No se permiten los empalmes de geosintéticos en la dirección del refuerzo, a no ser que su uso esté expresamente indicado en los planos del proyecto.

En caso de que estén contemplados en los documentos del proyecto, los empalmes (costuras de geotextiles o empalmes mecánicos de geomallas) se deberán realizar según las recomendaciones del fabricante del geosintético y deberán cumplir los requisitos de capacidad última y a largo plazo establecidos en el numeral 683.2.1.2.

683.4.4 Colocación del material de relleno

El relleno se colocará por capas sensiblemente horizontales; la operación de extensión del material de relleno sobre el geosintético se deberá realizar cuidadosamente, empleando un método que no dé lugar a daños en el mismo. No se permitirá el tránsito de maquinaria sobre el geosintético hasta que se conforme y compacte adecuadamente la primera capa de relleno sobre el mismo. En el caso de geotextiles, no se permitirá el giro de maquinaria sobre la primera capa de relleno sobre él.

El espesor de la primera capa compactada de material de cobertura sobre el geosintético deberá estar definido en los documentos del proyecto, en función de la granulometría del material, de las características del geosintético y del equipo de construcción. En general, para materiales pétreos de tamaño máximo igual o mayor a treinta milímetros (≥ 30 mm), el espesor de la primera capa compactada de material de cobertura deberá ser de veinte centímetros como mínimo (≥ 20 cm); para materiales pétreos de tamaño máximo menor de treinta milímetros (< 30 mm), el espesor de la primera capa compactada deberá ser de quince centímetros como mínimo (≥ 15 cm).

El material de relleno se deberá compactar con el equipo adecuado, hasta lograr el grado de compactación definido en el numeral 683.5.2.3.2, antes de comenzar las labores de colocación de la siguiente capa. El relleno se llevará a cabo hasta la cota indicada en los planos o la ordenada por el Interventor.

En la cercanía de la cara del muro (1 o 1.5m), se deberán utilizar equipos manuales para garantizar la adecuada compactación de esta zona; en este caso, el espesor de capas deberá reducirse para que los equipos manuales permitan alcanzar el grado de compactación especificado.

683.4.5 Construcción de la fachada del muro

Los documentos del proyecto deberán indicar el sistema de fachada del muro de tierra estabilizado mecánicamente con geosintéticos. En ningún caso, los geosintéticos que envuelven la cara del talud deben quedar expuestos a la luz solar para evitar su deterioro con el tiempo.

683.4.5.1 Empradización de la cara del talud con bloques de césped

Los documentos del proyecto pueden requerir que la fachada sea empradizada mediante la instalación de bloques de césped contra los geosintéticos de fachada, que en este caso deberán ser geomallas para que permitan que el césped atraviese sus espacios libres.

Los bloques de césped deberán cumplir los requisitos establecidos en el Artículo 810, numeral 810.2.1, y se deberán instalar, regar y conservar según lo indicado en los numerales 810.4.3 y 810.4.7 del mismo Artículo.

683.4.5.2 Protección de la cara del talud con malla y mortero

Si los documentos del proyecto indican que la cara del talud se debe proteger con malla de alambre de acero y mortero de cemento hidráulico, el trabajo correspondiente se deberá ejecutar según el Artículo 812.

683.4.5.3 Fachada en gaviones de malla de alambre de acero entrelazado

Si los documentos del proyecto especifican que la fachada se debe construir con gaviones de malla de alambre de acero entrelazado, los materiales y el trabajo correspondiente se deberán atender lo especificado en el Artículo 681. La conexión entre los geosintéticos de refuerzo y los gaviones será por fricción que se desarrollará en la longitud de geosintético que se coloque entre gaviones verticales adyacentes, según los detalles de los documentos del proyecto.

683.4.5.4 Colocación de elementos especiales de fachada

Si los documentos del proyecto especifican que la fachada se debe construir con bloques especiales de concreto provistos de elementos de sujeción a los geosintéticos de refuerzo, las características de los bloques y los elementos, así como su instalación, se deberán definir mediante especificación particular. En este caso, la especificación particular definirá también las características del sistema de apoyo que requiere esta fachada a nivel de cimentación, como viga de concreto o similar.

683.4.6 Control del tránsito

El Constructor deberá instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, los cuales deberán garantizar la permanente seguridad, tanto del personal y de los equipos de construcción, como de usuarios y transeúntes.

683.4.7 Limitaciones en la ejecución

Por ningún motivo se permitirá adelantar los trabajos objeto del presente Artículo cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a dos grados Celsius (2° C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

Los trabajos se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad,

siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

683.4.8 Manejo ambiental

Al respecto, rige en un todo lo especificado en el Artículo 106, "Aspectos ambientales".

683.4.9 Reparaciones

Todos los defectos que se presenten en la extensión, en los traslajos, en las uniones, en los elementos de sujeción, en los cortes de los geosintéticos; en la extensión y compactación del material de relleno; en la instalación de los materiales de fachada, así como los que se deriven de un incorrecto control del tránsito recién terminados los trabajos, deberán ser corregidos por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones del Interventor, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

683.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

683.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Verificar que cada rollo de geosintético tenga en forma clara la información del fabricante, el número del lote y la referencia del producto, así como la composición química del mismo.
- Comprobar que durante el transporte y el almacenamiento, los geosintéticos tengan los empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo, y otros materiales que puedan afectar sus propiedades.

- Verificar que el sistema de almacenamiento garantice la protección de los geosintéticos contra cualquier tipo de deterioro.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado en cuanto a la colocación del geosintético de refuerzo, del geosintético de fachada, de los bloques de césped (si es el caso) y la construcción de las capas de relleno.
- Verificar que los diferentes niveles de geosintéticos sean colocados con las separaciones definidas en los documentos del proyecto, con los ajustes que haga el Interventor.
- Efectuar ensayos de control sobre el geosintético, en un laboratorio independiente al del fabricante o proveedor. Los ensayos de control relacionados con el geosintético, se deberán hacer de conformidad con lo establecido en las normas de ensayo ASTM D 4354 y ASTM D 4759.
- Efectuar ensayos de control sobre el material de relleno.
- Comprobar la compactación de las capas de relleno.
- El Interventor medirá, para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado.

683.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

683.5.2.1 Calidad del geosintético

Por cada lote de rollos que llegue a la obra, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante del geosintético, donde se establezca el nombre del producto, la composición química y toda la información que lo describa, así como los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer todas las condiciones establecidas en los documentos del proyecto o en las Tablas 683 - 1, 683 - 4 y 683 - 5, según los que prevalezcan. El Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de geosintéticos que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Dicha constancia no evitará, en ningún caso, la ejecución de

ensayos de comprobación por parte del Interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega.

Además, el Interventor deberá escoger al azar un número de rollos equivalente a la raíz cúbica del número total de rollos que conformen el lote. Se evaluarán rollos estándar con un área entre cuatrocientos y seiscientos metros cuadrados (400 y 600 m^2) cada uno. En el caso de rollos con áreas diferentes, el total de metros cuadrados se deberá convertir a unidades de rollos equivalentes de quinientos metros cuadrados (500 m^2).

De cada rollo se deberán descartar las dos primeras vueltas de geosintético para el muestreo. Posteriormente, se deberá tomar una muestra, como mínimo de un metro lineal (1 m) por el ancho correspondiente al rollo, verificando que esté totalmente seca y limpia.

Para la evaluación de las costuras en los geotextiles, se deberán tomar muestras de juntas cosidas cuyo largo sea al menos dos metros (2 m) en el sentido de la costura, y cuyo ancho sea al menos uno punto cinco metros (1.5 m).

El número de especímenes para ensayo y la conformidad con las especificaciones se determinará según las normas de ensayo ASTM D 4354 y ASTM D 4759. Los especímenes, debidamente identificados (número de lote, referencia del producto, etc.), se deberán empacar y enviar a un laboratorio distinto al del fabricante, para la realización de las pruebas especificadas en los documentos del proyecto o las Tablas 683 - 6 y 683 - 7, según corresponda.

Tabla 683 - 6. Pruebas de verificación de la calidad del geotextil

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO ASTM
Propiedades de refuerzo	
Resistencia última a la tensión en prueba de tira ancha (kN/m)	D 4595
Resistencia última a la tensión de las costuras, medida perpendicularmente al empalme (kN/m)	D 4884

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO ASTM
Área abierta, como % del área total	Medido
Tamaño de abertura, mm	Medido
Propiedades de supervivencia	
Elongación (%)	D 4632
Peso por unidad de área (g/m ²)	D 5261
Resistencia a la tensión Grab (N)	D 4632
Resistencia de la costura a tensión Grab (N)	D 4632
Resistencia a la penetración con pistón de 50 mm de diámetro (N)	D 6241
Resistencia al rasgado trapezoidal (N)	D 4533
Estabilidad ultravioleta: resistencia retenida después de 500 horas de exposición (%)	D 4355
Propiedades hidráulicas	
Permitividad (s ⁻¹)	D 4491
Permeabilidad (cm/s)	D 4491

Tabla 683 - 7. Pruebas de verificación de la calidad de la geomalla

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO
Propiedades de refuerzo	
Resistencia última a la tensión del geosintético en prueba con costillas múltiples (kN/m)	ASTM D 6637
Resistencia última a la tensión de los empalmes mecánicos, medida perpendicularmente al empalme (kN/m)	ASTM D 6637
Área abierta, como % del área total	Medido
Tamaño de abertura, mm	Medido
Propiedades de supervivencia	
Resistencia de las uniones o nodos (N)	GRI GG2
Estabilidad ultravioleta: resistencia retenida después de 500 horas de exposición (%)	D 4355

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en la Tablas 683 - 1, 683 - 4 y 683 - 5, o los se establezcan en los documentos técnicos del proyecto, según los que

prevalezcan. No se aceptarán geosintéticos rasgados o usados; en el caso de los geotextiles, no se aceptará la presencia de agujeros en ellos.

683.5.2.2 Calidad del material de relleno

La calidad del material de relleno se evaluará en función de las características del mismo y de los requisitos aplicables de las presentes especificaciones, según sea el tipo de material por utilizar, de acuerdo con lo señalado en el numeral 683.2.3.

683.5.2.3 Calidad del producto terminado

683.5.2.3.1 Relleno estabilizado

El geosintético instalado deberá tener las dimensiones establecidas y deberá estar libre de dobleces y arrugas; deberá estar templado y sujeto a la superficie de apoyo, según lo indicado en el numeral 683.4.3. Los empalmes deberán tener las características y dimensiones definidas para el proyecto, según se establece en el numeral 683.4.3.2.

Cada capa terminada de relleno deberá presentar una superficie uniforme, ajustada a la rasante y a las pendientes establecidas.

La fachada terminada no deberá acusar irregularidades a la vista.

La cota de cualquier punto de la capa final del relleno, conformada y compactada, no deberá variar en más de treinta milímetros (30 mm) de la cota proyectada, medida verticalmente hacia abajo; si la capa final del relleno corresponde a la subrasante del pavimento, en ningún caso la cota de subrasante podrá superar la cota del proyecto o la autorizada por el Interventor.

No se aceptará la presencia de irregularidades que impidan el normal escurrimiento de las aguas en las obras concluidas.

Todas las irregularidades que excedan las tolerancias de la presente especificación deberán ser corregidas por el Constructor, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

683.5.2.3.2 Compactación del relleno

Para efectos de la verificación de la compactación de cada una de las capas del relleno, se define como “lote”, que se aceptará o rechazará en conjunto, el menor volumen que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500 m) de capa compactada en el ancho total del relleno;
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²);
- El volumen de relleno colocado y compactado en una jornada de trabajo.

Los sitios para la determinación de la densidad seca de cada capa en el terreno se elegirán al azar, según la norma de ensayo INV E-730 “Selección al azar de sitios para la toma de muestras”, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro. Se deberán efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de una capa de relleno, se deberá calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones humedad-peso unitario (ensayo modificado de compactación), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{Y_{d,i}}{Y_{d,m\acute{a}x}} \times 100 \quad [683.2]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{Y_{d,i}}{C_{Y_{d,m\acute{a}x}}} \times 100 \quad [683.3]$$

Siendo:

GC_i : Valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

$Y_{d,i}$: Valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164, sin efectuar corrección de ella por presencia de sobretamaños, de manera que corresponda a la muestra total.

$Y_{d,m\acute{a}x}$: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 (ensayo modificado de compactación) sobre una muestra representativa del mismo.

$C_{Y_{d,m\acute{a}x}}$: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 sobre una muestra representativa del mismo, y corregido por sobretamaños según la norma de ensayo INV E-143, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total;

Sobretamaños (fracción gruesa) (P_{FG}): Porción de la muestra total retenida en el tamiz de

control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (norma INV E-142).

El peso unitario seco máximo corregido del material ($C_{y_{d,máx}}$) que se use para calcular el grado de compactación individual GC_i se obtendrá, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños, P_{FG} , presente en ese sitio.

Para la aceptación del lote se aplicarán los siguientes criterios:

$GC_i (90) \geq 95.0 \%$	se acepta el lote	[683.4]
$GC_i (90) < 95.0 \%$	se rechaza el lote	[683.5]

Siendo:

$GC_i(90)$: Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90%, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del Artículo 107, "Control y aceptación de los trabajos", a partir de los valores individuales del grado de compactación GC_i .

Las verificaciones de compactación se deberán efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Los rellenos de los lotes que no alcancen las condiciones mínimas de compactación deberán ser escarificados, homogenizados, llevados a la humedad adecuada y compactados nuevamente hasta obtener el valor de la densidad seca especificada. Este procedimiento deberá ser adelantado por el Constructor de manera que no se

afecte el geosintético subyacente; si el geosintético sufre algún deterioro, se deberá remover la capa de relleno correspondiente al lote rechazado, se deberá reemplazar el geosintético por uno nuevo y se procederá a colocar de nuevo la capa de terraplén hasta lograr el grado de compactación especificado.

683.5.2.3.3 Fachada con elementos especiales

Si los documentos del proyecto especifican que la fachada se debe construir con bloques especiales de concreto, las condiciones específicas para el recibo y tolerancias de instalación se deberán definir mediante especificación particular.

683.6 MEDIDA

683.6.1 Geosintéticos

La unidad de medida de los geosintéticos será el metro cuadrado (m^2), aproximado al entero, de geosintético colocado a satisfacción del Interventor, de acuerdo con lo exigido por la presente especificación. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se medirá ningún área por fuera de tales límites, ni se considerarán, para efecto del pago, los traslapos.

683.6.2 Relleno

La unidad de medida del relleno será el metro cúbico (m^3), aproximado al metro cúbico completo, de material suministrado, colocado, compactado y terminado de acuerdo con los planos y debidamente aceptado por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se medirán cantidades en exceso de las indicadas en los documentos del proyecto u ordenadas por el Interventor.

683.7 FORMA DE PAGO

683.7.1 Geosintéticos

El pago de los geosintéticos se hará al respectivo precio unitario del contrato, por metro cuadrado (m^2), para todo trabajo ejecutado de acuerdo con la presente especificación y aceptado a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir el suministro, almacenamiento y transporte del geosintético y los elementos accesorios a que hace referencia el numeral 683.2.4; la colocación del geosintético con sus uniones y elementos de fijación entre geosintéticos y con los elementos de fachada; los traslapes y costuras; los desperdicios; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos y el período posterior en que se deba impedir o controlar, de acuerdo con las instrucciones del Interventor; así como toda labor, mano de obra, equipo o material necesario para la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

683.7.2 Relleno

El precio unitario deberá cubrir los costos de extracción, preparación y suministro de los materiales en el sitio de la obra; la obtención de los permisos y derechos de explotación, la construcción o adecuación de las vías de acceso a las zonas de préstamo; la adecuación de dichas zonas una vez extraído el material, para recuperar las características hidrológicas superficiales; los cargues, transportes, compactación y conformación del relleno; los costos de los desvíos que fuese necesario construir con motivo de la ejecución de las obras; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos y el período posterior en que se deba impedir o controlar, de acuerdo con las instrucciones del Interventor; todo equipo y mano de obra requeridos para ejecutar esta labor y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del trabajo especificado. Además, deberá cubrir los costos por concepto de desperdicios.

El precio unitario deberá incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

Se pagarán por aparte las excavaciones y rellenos requeridos para la preparación de la fundación y los elementos de fachada diferentes a los geosintéticos, de acuerdo con los siguientes Artículos:

- Excavaciones: Artículo 600, "Excavaciones varias"
- Rellenos: Artículo 610, "Rellenos para estructuras"
- Protección de la fachada del muro con malla y mortero: Artículo 812, "Recubrimiento de taludes con malla y mortero".
- Empradización de la fachada con bloques de césped: Artículo 810, "Protección vegetal de taludes".
- Fachada en gaviones de malla de alambre de acero galvanizado: Artículo 681, "Gaviones de malla de alambre de acero entrelazado".

Los elementos especiales de fachada, como bloques de concreto, y los elementos especiales de apoyo asociados, se pagarán según la especificación particular correspondiente.

683.8 ÍTEM DE PAGO

683.1	Geotextil de refuerzo tipo _____ para muros de tierra estabilizada mecánicamente con geosintéticos	Metro cuadrado (m ²)
683.2	Geomalla de refuerzo tipo _____ para muros de tierra estabilizada mecánicamente con geosintéticos	Metro cuadrado (m ²)
683.3	Geotextil de fachada tipo _____ para muros de tierra estabilizada mecánicamente con geosintéticos	Metro cuadrado (m ²)
683.4	Geomalla de fachada tipo _____ para muros de tierra estabilizada mecánicamente con geosintéticos	Metro cuadrado (m ²)

683.5 Relleno tipo _____ para muros de tierra
estabilizada mecánicamente con geosintéticos

Metro cúbico
(m³)

Nota: se deberá establecer un ítem de pago para cada tipo de geosintético y cada tipo de relleno que se especifique en el contrato

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

IMPERMEABILIZACIÓN DE ESTRUCTURAS

ARTÍCULO 690 – 13

690.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la impermeabilización de superficies de estructuras de concreto, previa a la aplicación de pavimentos o rellenos. También, consiste en el tratamiento que se debe dar a los paramentos de estructuras en contacto con rellenos de tierra, como es el caso de muros de contención de tierras y/o estribos de puentes.

690.2 MATERIALES

690.2.1 Láminas impermeabilizantes para tableros

Las láminas de impermeabilización estarán confeccionadas con una película de asfalto con polímeros de polipropileno atáctico (APP), reforzada con un tejido continuo de filamentos de poliéster. Las láminas deberán ser completamente impermeables, resistentes al envejecimiento y de gran flexibilidad, debiendo cumplir lo especificado en la Tabla 690 - 1.

En los documentos del proyecto se indicará el espesor de lámina por emplear.

Tabla 690 – 1. Requisitos para láminas impermeabilizantes para tableros

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO	REQUISITO
Espesor, mínimo (mm)	ASTM D 5147	3.50
Resistencia a la tracción longitudinal, mínimo (kN/m)		20
Resistencia a la tracción transversal, mínimo (kN/m)		17
Elongación longitudinal, mínimo (%)		45
Elongación transversal, mínimo (%)		45
Punto de ablandamiento, mínimo (° C)	INV E-712	140
Penetración a 25° C, mínimo (1/10 mm)	INV E-706	30

690.2.2 Impermeabilizantes de paramentos de estructuras

Se deberán utilizar productos impermeabilizantes según lo indiquen las especificaciones particulares del proyecto o aquellos que hayan sido autorizados por el Interventor y que garanticen ser completamente estancos, resistentes al envejecimiento y de gran flexibilidad, de acuerdo a los requerimientos de la obra.

Cuando se utilice un material impermeabilizante con una base de cemento asfáltico, éste deberá tener, como mínimo, las características consignadas en la Tabla 690 - 2:

Tabla 690 – 2. Requisitos para material impermeabilizante para paramentos

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Ductilidad, mínimo (cm)	E-702	100
Punto ablandamiento, mínimo (° C)	E-712	60
Penetración a 25° C (1/10 mm)	E-706	60 a 100

690.3 EQUIPO

La maquinaria y los equipos utilizados en la impermeabilización de las estructuras de concreto serán los adecuados para que dicha operación se lleve a cabo correctamente.

690.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**690.4.1 Preparación de la superficie**

La superficie de concreto debe quedar lisa y libre de protuberancias o depresiones. Se deberán reparar oquedades, protuberancias, hormigueros, armaduras o alambres que puedan dar un mal acabado o dañar los elementos impermeabilizantes.

Para la colocación de láminas impermeabilizantes, pinturas o cualquier material impermeabilizante, se debe dejar que las superficies de concreto se sequen al menos 10 días luego de completar el curado. La aplicación se deberá hacer en clima seco, sin riesgo de lluvias, con la superficie seca, exenta de polvo, arena, aceites, grasas o de cualquier otra suciedad que

afecte la adherencia del material impermeabilizante en los sitios por impermeabilizar.

690.4.2 Impermeabilización de tableros

Se deberá garantizar que todos los detalles para las obras de desagüe estén perfectamente terminados al nivel donde va la impermeabilización.

Sobre la superficie preparada, de acuerdo con el numeral 690.4.1, se aplicará un imprimante asfáltico de buena penetración y adherencia, a razón de 300 g/m², o la dosificación establecida por el fabricante.

Luego del proceso de imprimación, se extenderá la membrana de impermeabilización, adhiriéndola a la losa mediante un proceso establecido por el fabricante (termofusión o cualquier otro proceso aceptado por el Interventor). La lámina se deberá extender sobre la superficie considerando traslapes de, al menos, 10 cm en el sentido longitudinal y 15 cm en el sentido transversal, medidos estos en la línea y longitud del tablero. La lámina de impermeabilización continuará hasta los extremos del tablero, pasando por debajo de defensas o barreras de seguridad.

Antes de la colocación del pavimento, se deberá supervisar el trabajo de impermeabilización, efectuando pruebas para garantizar su impermeabilidad en los sitios que determine el Interventor, las cuales correrán por cuenta del Constructor.

690.4.3 Impermeabilización de paramentos de estructuras

Una vez fraguado el concreto de muros o estribos y antes de la colocación del relleno, se pintarán las paredes que estarán en contacto con el material de relleno, en los sitios indicados en los documentos del proyecto, con la pintura impermeabilizante especificada.

La impermeabilización de estribos y muros se realizará con dos manos de pintura impermeabilizante, como mínimo. Manos adicionales de pintura se aplicarán de acuerdo con lo especificado en los planos del proyecto o con las indicaciones del interventor.

690.4.4 Manejo ambiental

Todas las labores de impermeabilización de concretos se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

690.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**690.5.1 Controles**

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Comprobar que los materiales utilizados cumplan las exigencias de la presente especificación.
- Comprobar que los materiales se apliquen uniformemente y en los sitios previstos.
- Verificar que los trabajos se ejecuten de acuerdo con lo que establece la presente especificación.
- Verificar la adhesión y el acabado del material impermeabilizante efectivamente colocado.
- Medir, para efectos de pago, las impermeabilizaciones de estructuras ejecutadas de acuerdo con esta especificación.

690.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

El Interventor sólo aceptará las impermeabilizaciones que se hayan elaborado con materiales adecuados y realizadas conforme lo establecen los documentos del proyecto y la presente especificación.

690.6 MEDIDA

La unidad de medida para la impermeabilización de estructuras será el metro cuadrado (m^2), aproximado a la centésima de metro cuadrado, de superficie efectivamente impermeabilizada, medida en el terreno y aceptada por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se medirá ninguna impermeabilización por fuera de los límites autorizados por el Interventor

690.7 FORMA DE PAGO

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de suministro, transporte, almacenamiento, desperdicios y aplicación del material impermeabilizante, incluyendo los refuerzos necesarios. Igualmente se determinarán los costos de todos los trabajos e insumos necesarios para preparar las superficies donde se aplicará la impermeabilización. Además, se considerará la señalización preventiva de la vía y el control del tránsito durante la ejecución de los trabajos, la ejecución de pruebas de estanqueidad en sitios de dudoso acabado y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del trabajo especificado.

Además, deberá incluir los costos de la administración, los imprevistos y la utilidad del Constructor.

690.8 ÍTEM DE PAGO

690.1 Impermeabilización de estructuras

Metro cuadrado
(m^2)

Nota: Habrá un ítem de pago para cada sistema de impermeabilización que requiera el proyecto

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente
NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

CAPÍTULO 7 – SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD

ART. 700 LÍNEAS DE DEMARCACIÓN Y MARCAS VIALES

ART. 701 TACHAS REFLECTIVAS

ART. 710 SEÑALES VERTICALES DE TRÁNSITO

ART. 720 POSTES DE REFERENCIA

ART. 730 DEFENSAS METÁLICAS

ART. 731 SEÑALIZACIÓN

ART. 740 CAPTAFAROS

ART. 741 DELINEADORES DE CORONA

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIA

LÍNEAS DE DEMARCACIÓN Y MARCAS VIALES

ARTÍCULO 700 – 13

700.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro, almacenamiento, transporte y aplicación de pintura de tráfico o resina termoplástica de aplicación en caliente, reflectorizada con microesferas de vidrio para líneas y marcas viales sobre un pavimento, de acuerdo con las dimensiones y los colores que indiquen los planos del proyecto o establezca el Interventor.

700.2 MATERIALES

Se podrán utilizar pinturas de aplicación en frío, resinas termoplásticas, materiales prefabricados de larga duración o plásticos de dos componentes de aplicación en frío que cumplan los requisitos de la norma NTC 1360. Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, la selección del material por utilizar para un caso específico se hará de acuerdo con el criterio descrito en el numeral 700.4.1.

700.2.1 Pintura de aplicación en frío

La pintura se clasifica en dos grupos: (i) de base de agua y (ii) de base de solventes.

El agua utilizada para la disolución de la pintura deberá poseer las condiciones mínimas especificadas por el fabricante; los solventes utilizados en pinturas deberán cumplir con la cantidad máxima indicada en la norma NTC 1102 de benceno, metanol y compuestos organoclorados.

Todo envase de pintura deberá estar rotulado según los requerimientos mínimos de la norma NTC 1360.

700.2.1.1 Características de la pintura líquida**700.2.1.1.1 Color y estabilidad**

Blanco o amarillo, que cumplan los requerimientos de color y patrones indicados en la norma NTC 1360 o en la Tabla 700-1.

Tabla 700 – 1. Valores de color de pintura para demarcación de aplicación en frío

CARACTERÍSTICA	COLOR	
	AMARILLO	BLANCO
L	≥ 70	≥ 80
A	15 a 26	-0.3 a -2.2
b	≥ 72	2 a 6

El cambio de color ΔE deberá ser, para pinturas blancas, máximo de 6 ($\Delta E \leq 6$) y, para pinturas amarillas, máximo de 10 ($\Delta E \leq 10$), cuando el tiempo de ensayo sea de 300 horas. La medición del color se deberá efectuar de acuerdo con la norma ASTM D 1535; la determinación de la estabilidad del color después de realizar el ensayo se hará de acuerdo con la norma ASTM G 154 y la diferencia de color se calculará de acuerdo con la norma ASTM D 2244.

700.2.1.1.2 Composición

- Pigmento: entre cincuenta y sesenta por ciento (50 % - 60 %), en masa.
- Agentes de unión: entre cuarenta y cincuenta por ciento (40 % - 50 %), en masa.
- Ligante: copolímero acrílico de bajo peso molecular y liberación rápida de solventes.

Se podrán emplear otras composiciones, siempre y cuando las pinturas acabadas cumplan las exigencias de la presente especificación.

700.2.1.1.3 Tiempo de secado

- Al tráfico: máximo treinta (30) minutos, sin transferencia de pintura a ninguna de las llantas de un vehículo.
- No "pick up": tiempo menor o igual a quince (15) minutos para capas de treinta y ocho centésimas de milímetro (0.38 mm o 15 mils), a una temperatura de veinte más o menos dos grados Celsius ($20 \pm 2^{\circ}\text{C}$) y una humedad relativa de sesenta más o menos cinco por ciento ($60\% \pm 5\%$).

Se considera tiempo de secado no "pick up" cuando una película de pintura ha llegado a una fase donde no se adhiere a la cubierta de un neumático que pase sobre ella; el ensayo se hace de acuerdo con el método de la norma ASTM D 711.

700.2.1.1.4 Viscosidad

Deberá estar comprendida entre setenta y cinco y noventa y cinco (70 y 95) unidades Krebs, a una temperatura de veinticinco grados Celsius (25°C). Esta determinación se hará según la norma NTC 559.

700.2.1.1.5 Contenido de agua

Para pinturas en base de solventes diferente al agua, no mayor del medio por ciento (0.5 %), en masa, para pinturas en disolución.

700.2.1.1.6 Masa unitaria

La masa unitaria de la pintura a una temperatura de veinticinco grados Celsius (25°C) deberá corresponder a la indicada por el fabricante; no podrá variar en más de 0.05 g/ml de la especificada. El ensayo se realizará de acuerdo con la norma NTC 561.

700.2.1.1.7 Conservación en el envase.

La pintura seleccionada para homologación, al cabo de seis (6) meses de la fecha de fabricación, habiendo permanecido al interior y con temperatura entre cinco y treinta y cinco grados Celsius (5° C y 35° C), no deberá presentar sedimentación excesiva en envase lleno y recientemente abierto. Se deberá poder dispersar a un estado homogéneo por agitación con espátula, después de lo cual no deberá presentar coágulos, natas, depósitos duros, ni separación de color. En todo cuñete o envase de pintura deberá aparecer la marca del fabricante y la fecha de producción. No se aplicarán pinturas con más de un año de elaboración o sin etiqueta de fecha de producción.

700.2.1.1.8 Estabilidad en envase lleno

La pintura no deberá aumentar su consistencia o viscosidad en más de diez (10) unidades Krebs, para pinturas en base en agua, y en más de cinco (5) unidades Krebs, para pinturas en base en solventes.

El ensayo que se utilizará para evaluar esta variación, será el indicado en la norma NTC 845-2.

700.2.1.1.9 Estabilidad a la dilución

La pintura deberá permanecer estable y homogénea, sin originar coagulaciones ni precipitados, cuando se diluya una muestra de ochenta y cinco centímetros cúbicos (85 cm³) de la misma con quince centímetros cúbicos (15 cm³) de toluol o del disolvente indicado por el fabricante, si explícitamente éste así lo indica.

Los ensayos de estabilidad se realizarán según la norma MELC 12.77.

700.2.1.1.10 Propiedades de aplicación

La pintura será formulada y procesada específicamente para ser usada como ligante de microesferas, en tal forma que se produzca el máximo de adhesión, refracción y reflexión.

Cualquier acción capilar de la pintura deberá ser lo suficientemente pequeña para que no produzca cubrimiento total de las esferas de mayor tamaño.

La pintura deberá ser de aplicación fácil y uniforme mediante equipos mecánicos de demarcación y deberá tener excelentes propiedades de cubrimiento, según la norma MELC 12.03.

700.2.1.1.11 Finura

La pintura deberá ser bien mezclada durante el período de manufactura y los pigmentos que se incorporen serán adecuadamente pulverizados, con una finura de dispersión en unidades Hegman de tres (3), de acuerdo a la norma NTC 557.

700.2.1.1.12 Contenido de dióxido de titanio

La pintura de color blanco deberá tener, como mínimo, un diez por ciento (10 %) de contenido en masa de pigmento de dióxido de titanio, determinado según la norma NTC 1323. El porcentaje en masa de dióxido de titanio no diferirá en más de dos por ciento ($\pm 2\%$) del valor indicado por el fabricante.

700.2.1.1.13 Contenido en sólidos. (Materia no volátil)

El porcentaje en volumen o masa de materia no volátil no podrá ser menor de lo indicado en la Tabla 700-2. La determinación se realizará de acuerdo con las normas NTC 1786 y NTC 1227, respectivamente.

Tabla 700 – 2. Contenido mínimo de sólidos

PINTURA	CONTENIDO DE SÓLIDOS EN VOLUMEN (VOL/VOL)	CONTENIDO DE SÓLIDOS EN MASA (MASA/MASA)
Base de agua, mínimo (%)	60	70
Base solvente, mínimo (%)	50	60
Norma de ensayo	NTC 1786	NTC 1227

El porcentaje en masa de materia no volátil no diferirá en más de dos por ciento ($\pm 2\%$) del valor indicado por el fabricante.

700.2.1.1.14 Contenido en ligante

Realizado el ensayo según la norma UNE 48-238, el porcentaje en masa de ligante no diferirá en más de dos por ciento ($\pm 2\%$) del valor indicado por el fabricante.

700.2.1.2 Características de la pintura seca

700.2.1.2.1 Aspecto

Después de aplicada la pintura en una lámina de vidrio y dejándola secar durante veinticuatro (24) horas a veinte más o menos dos grados Celsius ($20 \pm 2^\circ \text{C}$) y sesenta más o menos cinco por ciento ($60\% \pm 5\%$) de humedad relativa, tendrá aspecto uniforme, sin granos, ni desigualdades en el tono del color y con brillo satinado (cáscara de huevo).

700.2.1.2.2 Color

Al secarse sobre la superficie de un pavimento, la pintura no se deberá oscurecer con la acción del sol, ni presentar decoloración apreciable con el tiempo.

Una película delgada de pintura, esparcida en una placa de vidrio y dejada secar completamente, no se deberá oscurecer ni tampoco decolorarse cuando se

la someta a la acción de los rayos ultravioleta por un período de sesenta (60) minutos.

700.2.1.2.3 Flexibilidad

La pintura, aplicada en espesor de ocho centésimas de milímetro (0.08 mm), no deberá presentar desprendimiento ni agrietamiento al doblar la muestra sobre un eje de nueve y medio milímetros (9.5 mm) de diámetro, veinticuatro horas (24 h) después de aplicada y mantenida en este lapso de manera horizontal a una temperatura de veinticinco grados Celsius (25° C) y una humedad relativa de cincuenta por ciento (50 %).

700.2.1.2.4 Adherencia

Al secarse sobre el pavimento de una vía, cuarenta y ocho (48) horas después de aplicada, la pintura deberá constituir una capa con fuerte adherencia, sin desprenderse cuando se trate de levantar con la uña.

700.2.1.2.5 Sangrado

La relación de contraste será mínimo de 0.9 y el ensayo se hará de acuerdo con la norma ASTM D 868.

700.2.1.2.6 Resistencia a la inmersión en agua

Al preparar una muestra de pintura, de acuerdo con la norma ASTM D 870 y después de veinticuatro (24) horas de inmersión a temperatura ambiente, ésta no deberá presentar ningún cuarteamiento, desprendimiento, hinchazón, decoloración o arrugas.

700.2.1.2.7 Resistencia a los álcalis

Al aplicar la pintura con un espesor de película seca de quince centésimas de milímetro (0.15 mm), sobre

una placa de vidrio preparada adecuadamente para tal efecto, dejándola secar durante setenta y dos (72) horas a una temperatura de veinte más o menos dos grados Celsius ($20 \pm 2^\circ \text{C}$), y sesenta más o menos cinco por ciento de humedad relativa ($60\% \pm 5\%$), colocándola luego en una solución saturada de hidróxido de calcio y después de dieciocho (18) horas de inmersión a temperatura ambiente y de dos (2) horas de recuperación fuera de ésta, no deberá presentar cuarteamiento, ampollamiento, perforaciones diminutas (punta de alfiler), desprendimientos, arrugas, ni decoloración.

700.2.1.2.8 Resistencia a la abrasión

Una capa de pintura húmeda de seis décimas de milímetro (0.6 mm) deberá resistir al secarse, como mínimo, la caída libre de cien decímetros cúbicos (100 dm^3) para pinturas en base de agua u ochenta decímetros cúbicos (80 dm^3) para pinturas en base de solventes del abrasivo dióxido de aluminio, desde una altura de noventa y un centímetros con cuarenta y cuatro centésimas (91.44 cm) sin que se produzca en ella una zona desgastada de forma elíptica de cuatro milímetros (4 mm) de diámetro o mayor. El ensayo se realiza de acuerdo con la norma IRAM 1221.

700.2.2 Resina termoplástica

700.2.2.1 Color

Blanco o amarillo, definidos por las coordenadas cromáticas del Sistema Colorimétrico Estándar CIE 1931, según la Tabla 700-3.

700.2.2.2 Composición

La composición de las resinas termoplásticas blanca y amarilla deberá cumplir lo relacionado en la Tabla 700-4.

Tabla 700 – 3. Coordenadas cromáticas de color para resina termoplástica

COLOR	COORDENADAS CROMÁTICAS								FACTOR DE LUMINANCIA	
	1		2		3		4		Demar- cación	Labora- torio
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y		
Blanco	0.355	0.355	0.305	0.305	0.285	0.325	0.335	0.375	> 0.30	> 84
Amarillo	0.494	0.427	0.545	0.455	0.465	0.535	0.427	0.483	> 0.20	> 40

Tabla 700 – 4. Composición de resinas termoplásticas blanca y amarilla

ELEMENTO	COLOR	
	BLANCO	AMARILLO
Aglutinante	≥ 18 %	≥ 18 %
Dióxido de titanio	≥ 10 %	0
Microesferas de premezclado	≥ 25 %	≥ 25 %
Pigmento amarillo	0	≥ 4 %

700.2.2.3 Masa unitaria

La masa unitaria del material, después de su fusión, será de dos más o menos dos décimas de kilogramo por litro (2.0 ± 0.2 kg/l). La determinación se hará de acuerdo con la norma ASTM D 70.

700.2.2.4 Punto de ablandamiento

El punto de ablandamiento, determinado por el método de anillo y bola según la norma INV E-712, no será inferior a ciento cinco grados Celsius (105° C).

700.2.2.5 Resistencia al flujo

La disminución en la altura del cono de material termoplástico, después de haber sido sometido a una temperatura de sesenta más o menos dos grados Celsius ($60 \pm 2^{\circ}$ C) durante veinticuatro (24) horas, no será mayor del dos por ciento (2 %), según las normas UNE 135-223 o MELC 12.131.

700.2.2.6 Temperatura de inflamación

El material termoplástico se funde en un baño de aceite a ciento ochenta grados Celsius (180° C), homogeneizándolo mediante agitación durante al menos dos (2) horas. Una vez lograda la perfecta homogeneidad y fluidez de la muestra, se vierte en el vaso abierto de Cleveland de manera que la parte inferior de su menisco quede a un (1) centímetro de la marca de llenado, con el fin de prevenir desbordamientos del material durante el posterior calentamiento en la realización del ensayo. Si se añade un exceso de muestra, se puede eliminar con una espátula o cucharilla en caliente.

Realizado el ensayo en el vaso abierto de Cleveland, según las normas MELC 12.133, UNE 104-281 o ASTM D 92, la temperatura de inflamación no será inferior a doscientos cincuenta grados Celsius (250° C).

700.2.2.7 Factor de luminancia

Empleando un observador patrón 2°, una geometría de medida 45/O y una fuente de luz de distribución espectral como la dada por el iluminante D65, el valor del factor de luminancia (B) será al menos de ochenta centésimas (0.80) para el color blanco y cuarenta centésimas (0.40) para el color amarillo (normas UNE 48-073/2 o ISO 7724/2 o ASTM E97).

700.2.2.8 Estabilidad al calor

El valor del factor de luminancia después de mantener el material a una temperatura de doscientos más o menos dos grados Celsius ($200 \pm 2^\circ \text{C}$) durante seis (6) horas con agitación continua, no variará en más de 3 centésimas (0.03). (Norma BS 3262-1).

700.2.2.9 Envejecimiento artificial acelerado

Se preparan dos probetas aplicando una película de material mediante un extendedor adecuado, a un rendimiento aproximado de dos mil seiscientos gramos por metro cuadrado (2,600 g/m²), sobre un recipiente de aluminio de

ciento cincuenta milímetros (150 mm) por setenta y cinco milímetros (75 mm), por seiscientos veinticinco milímetros (625 mm), previamente desengrasado con disolvente; se dejan secar durante siete (7) días, en posición horizontal a una temperatura de veintitrés más o menos cinco grados Celsius ($23 \pm 5^\circ \text{C}$) y cincuenta más o menos cinco por ciento ($50\% \pm 5\%$) de humedad relativa, protegidas de la radiación solar y del polvo, midiéndose inmediatamente, antes de comenzar este ensayo, su color y factor de luminancia sobre la superficie exterior de la película (norma ASTM G 154). Realizado el ensayo durante ciento sesenta y ocho (168) horas, en ciclos de ocho (8) horas de radiación UV de longitud de onda comprendida entre doscientos ochenta (280) nm y trescientos diez y seis (316) nm a sesenta más o menos tres grados Celsius ($60 \pm 3^\circ \text{C}$) y cuatro (4) horas de condensación a cincuenta más o menos dos grados Celsius ($50 \pm 2^\circ \text{C}$), no se deberá producir un aumento o una disminución en el factor de luminancia superior a cinco centésimas respecto al valor original. Por otra parte, el material aplicado después del ensayo y observado dos (2) horas después de su aplicación, no presentará defecto superficial alguno. (Normas UNE 48-251 o ASTM D 4587).

700.2.2.10 Resistencia a la abrasión

Aplicado el material con un rendimiento tal que permita obtener un espesor de un milímetro (1 mm) y ensayada la muestra con un abrasímetro Taber con ruedas calibradas tipo H-22, con una masa de quinientos gramos (500 g) y en húmedo, no se deberá producir una pérdida de masa mayor de doscientos cincuenta miligramos (250 mg) al cabo de cien (100) revoluciones.

700.2.3 Microesfera de vidrio

700.2.3.1 Características

700.2.3.1.1 Naturaleza

La microesfera de vidrio deberá ser de tal naturaleza que permita su incorporación a la pintura inmediatamente después de aplicada, de modo que

su superficie se pueda adherir firmemente a la película de pintura y su retrorreflexión sea satisfactoria para las líneas y demás marcas viales.

700.2.3.1.2 Microesferas defectuosas

Las microesferas deberán ser transparentes e incolores, libres de defectos y de material extraño; no deberán tener ninguna lechosidad, ni contener nubes ni burbujas de aire que puedan afectar su funcionamiento. Un máximo de tres por ciento (3 %) podrán estar rayadas, quebradas o con partículas de vidrio angulares, en una muestra de diez gramos (10 g) al ser extendida formando una capa delgada sobre un papel bond blanco y tomando tres (3) muestras de cien (100) microesferas al azar, examinadas con un microscopio con aumento 20X provisto de un analizador de luz polarizada. El porcentaje de microesferas defectuosas se calculará a partir del promedio de los resultados de tres (3) ensayos.

La cantidad máxima de microesferas de vidrio defectuosas (ovoides, deformadas, con bolsas gaseosas, con germinados) deberá ser de veinticinco por ciento (25 %). La determinación se hará de acuerdo con la norma UNE 135-282-94.

700.2.3.1.3 Composición

Las microesferas de vidrio deberán contener un mínimo de sesenta y cinco por ciento (65 %) de sílice y estar libres de plomo, excepto como impureza no superior a tres por ciento (3 %), en masa, de la cantidad total.

700.2.3.1.4 Índice de refracción

El índice de refracción de las microesferas de vidrio se determina usando el método de inmersión en líquido con una fuente de luz blanca, a una temperatura de veinticinco grados Celsius (25° C).

Las microesferas deberán tener un índice de refracción mínimo de uno y medio (1.50). La medición se hará de acuerdo con la norma MELC 12.31

700.2.3.1.5 Densidad

La densidad de las microesferas de vidrio deberá estar en el rango entre dos gramos con tres décimas y dos gramos con seis décimas por centímetro cúbico (2.3 a 2.6 g/cm³).

700.2.3.1.6 Granulometría

La granulometría de las microesferas de vidrio deberá estar dentro de los límites dados en las Tablas 700-5 y 700-6.

Si los documentos del proyecto así lo consideran, o si el Constructor propone una granulometría particular para obtener los valores de reflectividad exigidos, se puede emplear una granulometría diferente con la autorización del Interventor, previos los análisis de resultados de pruebas de campo y laboratorio.

700.2.3.1.7 Resistencia a la fractura

La microesfera de vidrio deberá presentar una resistencia mínima a la fractura así:

- Para las microesferas de vidrio retenidas en el tamiz de 600 µm (No. 30): ciento setenta y ocho newton (178.0 N).
- Para las microesferas que pasen el tamiz de 600 µm (No.30) y que queden retenidas en el tamiz de 425 µm (No. 40): ciento treinta y tres newton y cinco décimas (133.5 N).

Tabla 700 – 5. Límites de granulometría de esferas de postmezclado o tipo drop-on para pintura y resina termoplástica

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)						
	1.180	0.850	0.600	0.425	0.300	0.180	0.150
	No. 16	No. 20	No. 30	No. 40	No. 50	No. 80	No. 100
	% PASA						
Tipo A	100	75-95	65-95	-	15-35	-	0-5
Tipo B	-	100	75-95	30-60	10-25	0-5	-

Nota: Tipo B, para pintura de aplicación en frío.

Tabla 700 – 6. Límites de granulometría de esferas de premezclado o tipo premix para resina termoplástica

GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)		
	1.180	0.850	0.425
	No. 16	No. 20	No. 40
	% PASA		
	97-100	90-100	0-20

700.2.3.1.8 Resistencia a la humedad

Las microesferas deberán fluir libremente al ser ensayadas con el siguiente procedimiento: en una probeta de cincuenta centímetros cúbicos (50 cm³) se colocan cien gramos (100 g) de microesferas; luego se vierte cuidadosamente agua destilada hasta cubrirlas con una lámina de dos y medio centímetros (2.50 cm), dejando reposar el sistema durante cinco (5) minutos.

Luego, se vierten las microesferas en un embudo de cristal de doce centímetros y siete décimas (12.7 cm) de diámetro, con un cañón de diez centímetros (10 cm) de longitud, orificios de entrada y salida de once centímetros y una décima (11.1 cm) de diámetro. Puede ser necesario golpear levemente el embudo para iniciar el flujo de las microesferas.

700.2.3.1.9 Embalaje e identificación

Las microesferas de vidrio se deberán empacar en bolsas plásticas o de papel de veinticinco kilogramos (25 kg). Cada bolsa deberá contener, en la parte externa, la siguiente información:

- Tipo de microesfera de vidrio.
- Nombre y dirección del fabricante.
- Fecha de fabricación.
- Identificación de fabricación (número de lote).
- Indicación de los tratamientos químicos especiales, en caso de tenerlos.
- Cantidad contenida en el saco, en kilogramos.
- Recomendaciones sobre bodegaje y arrume máximo.
- Recomendaciones de aplicación.

700.2.3.1.10 Propiedades de aplicación

Cuando se apliquen las microesferas de vidrio sobre la pintura, para convertirla en reflexiva por el sistema de postmezclado, con dosificaciones aproximadas de trescientos setenta gramos por metro cuadrado (370 g/m²) de microesferas y seiscientos sesenta gramos por metro cuadrado (660 g/m²) de pintura, las microesferas de vidrio fluirán libremente de la máquina dosificadora y la retrorreflexión deberá ser satisfactoria para la señalización, de acuerdo al numeral 700.5.2.3.

700.2.4 Otros tipos de materiales

Los requisitos sobre características, dosificación, instalación o ejecución de los trabajos, control y recibo de otros tipos de materiales como plásticos en frío y cintas preformadas empleados en la demarcación de

calles y carreteras, serán los establecidos en las normas NTC 4744-1, NTC 4744-2, NTC 4744-3, NTC 4744-4 o normas que apliquen en cada caso específico y deberán ser objeto de una especificación particular.

700.3 EQUIPO

La pintura de líneas y la elaboración de marcas viales se deberán realizar con un equipo que cumpla lo especificado en la norma NTC 4744-2 en lo referente a este particular y en cada uno de sus puntos.

Se deberá disponer, además, de un camión con capacidad igual o superior a cinco (5) toneladas, adecuado para el transporte de los materiales hasta los frentes de trabajo, lo mismo que las señales verticales de tránsito, conos y barricadas necesarias para informar a los usuarios sobre el cierre de la vía o para restringir la velocidad de circulación cuando se pinta con vía abierta.

700.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

700.4.1 Selección del material de demarcación por utilizar

Se utilizarán resinas termoplásticas, materiales prefabricados de larga duración o plásticos de dos componentes de aplicación en frío, en la demarcación de carreteras con superficie de calzada en buen estado y tránsito promedio diario superior a cinco mil vehículos (> 5000 veh). Igualmente, se deberán utilizar estos materiales en las líneas centrales de carreteras de tipo montañoso en buen estado, con tránsito promedio diario superior a dos mil quinientos vehículos (> 2500 veh). Las demás demarcaciones se harán con pinturas de aplicación en frío.

700.4.2 Preparación de la superficie

La superficie que va a recibir el material de demarcación deberá estar seca y libre de polvo, grasa, aceite y otras sustancias extrañas que afecten la adherencia del recubrimiento. La limpieza se efectuará por cualquier procedimiento que resulte aceptable para el Interventor.

Si la superficie presenta defectos o huecos notables, se corregirán los primeros y se rellenarán los segundos con materiales de la misma naturaleza que los de aquella, antes de proceder a la aplicación de la pintura.

Cuando las líneas o marcas viales vayan a ser realizadas sobre un pavimento de concreto hidráulico, se deberán eliminar de la zona de colocación todos aquellos materiales utilizados en el proceso de curado del concreto que aún se encuentren sobre la superficie.

El material de demarcación se aplicará sobre superficies rugosas que faciliten su adherencia; por lo tanto, aquellas superficies excesivamente lisas de morteros o concretos se tratarán previamente mediante chorros de arena, frotamiento en seco con piedra abrasiva de arenilla gruesa o solución de ácido clorhídrico al cinco por ciento (5 %), seguida de posterior lavado con agua.

Las superficies de morteros o concretos hidráulicos que presenten eflorescencias se humedecerán con agua, aplicando a continuación, con una brocha, una solución de ácido clorhídrico al veinte por ciento (20 %) y frotando, pasados cinco (5) minutos, con un cepillo de cerdas de acero; finalmente, se lavarán con bastante agua para remover el ácido.

Antes de iniciar las operaciones de demarcación, el Constructor efectuará un cuidadoso replanteo que garantice, con los medios de demarcación de que disponga, una perfecta terminación. En caso de no tener un mejor sistema de referencia, se deberá crear una guía de referencia con puntos de 30 mm de diámetro espaciados preferiblemente cada 0.50 metros y máximo entre 5 y 10 metros, en curva y recta respectivamente, los cuales se realizarán con la misma pintura con la que se ejecutará el trabajo.

Cuando la demarcación vaya a ser aplicada sobre superficies previamente pintadas o demarcadas, el Constructor propondrá el tipo de tratamiento que ejecutará sobre ellas para garantizar la adherencia con el material nuevo, el cual se deberá someter a estudio y aceptación por parte del Interventor. Si es necesario retirar la pintura o cualquier otro material antiguo, éste deberá ser raspado o fresado por un medio aprobado por el Interventor, barriéndose a continuación el material desprendido.

En el caso de los pavimentos de concreto, si el factor de luminancia del pavimento fuese superior a quince centésimas (0.15), evaluado de acuerdo con la norma UNE-EN 1436, se deberá rebordear la línea por aplicar con un material apropiado de color negro, a ambos lados y con un ancho aproximadamente igual a la mitad (1/2) del correspondiente a la línea de demarcación.

700.4.3 Dosificación**700.4.3.1 Pintura de aplicación en frío**

La pintura se deberá aplicar longitudinalmente a lo largo de la vía, en un ancho de doce centímetros (12 cm), empleándose entre cincuenta y tres y cincuenta y seis (53 y 56) litros de pintura por kilómetro de línea efectiva aplicada, para obtener un espesor húmedo de treinta y ocho centésimas de milímetro (0.38 mm o 15 mils); las microesferas se aplicarán a razón de ochocientos cuarenta gramos por litro (840 g/l) de pintura.

El Constructor someterá a estudio y aprobación del Interventor el sistema de aplicación de las microesferas de vidrio; éstas se puede aplicar a presión o por gravedad, teniéndose en cuenta que la contracción que se presenta en el ancho de la lámina de la microesfera, cuando se aplica de la segunda forma, no sea menor que el ancho de la línea a demarcar, que la cantidad de microesfera sea homogénea en todo el ancho de la línea, que en ningún momento haya deficiencia en los extremos ni exceso en la parte central de la línea y que, cuando se aplica línea intermitente, caigan microesferas en toda la longitud de ella.

Cuando las microesferas se aplican a presión, se deberá regular la fuerza del compresor de manera tal que se quede la mayor cantidad de este producto atrapada sobre la pintura húmeda.

700.4.3.2 Resina termoplástica

La resina termoplástica se debe aplicar longitudinalmente a lo largo de la vía por extrusión o pulverización y empleando entre seiscientos venticinco y seiscientos setenta y cinco gramos (625 – 675 g) por línea aplicada, para obtener un espesor seco de dos milímetros y 3 décimas de milímetro (2.3 mm o 90 mils); las microesferas se aplicarán a razón de novecientos más o menos cincuenta gramos por metro cuadrado ($900 \pm 50 \text{ g/m}^2$) de resina termoplástica aplicada. Esta dosificación variará proporcionalmente de acuerdo con el ancho de la línea y el espesor de la película.

700.4.4 Cierre de la vía al tránsito

El Constructor, en coordinación con la Policía de Carreteras, llevará a cabo los cierres de la vía que sean necesarios para garantizar la seguridad de las operaciones de aplicación y el tiempo de secado de la pintura, instalando la señalización temporal requerida de manera aceptable para el Interventor. Cuando el volumen de tránsito es superior a mil vehículos por día (>1000 vehículos por día) y se va a restringir la circulación, se deberán programar, en coordinación con la Oficina de Comunicaciones del Instituto Nacional de Vías, cierres máximos de dos (2) horas con intermedios de una (1) hora de circulación normal e informar por medios de comunicación hablados y escritos sobre esta situación, tres (3) días hábiles antes de iniciar las labores.

700.4.5 Aplicación de los materiales**700.4.5.1 Pintura de aplicación en frío**

La pintura y las microesferas de vidrio se deberán suministrar ya preparadas y listas para su empleo y no se les deberá agregar ni quitar ningún componente en el sitio de los trabajos.

Únicamente podrán ser usados los tipos de disolventes especificados por el fabricante de la pintura de tráfico. Es admisible un máximo de tres por ciento (3 %) en volumen, para facilitar el flujo de la pintura por las pistolas; los disolventes nunca aplicarán con el fin de rendir la pintura.

La pintura se deberá aplicar de manera homogénea, de tal manera que no haya excesos ni deficiencias en ningún punto; deberá formar una película uniforme, sin arrugas, ampollas o bolsas de aire.

Las microesferas se deberán dispersar uniformemente en la película de pintura fresca, la cual deberá ligarlas para lograr la máxima adhesión y agarre de ellas, pero sin afectar sus grados de refracción y reflexión.

700.4.5.2 Resina termoplástica

La resina termoplástica y las microesferas de vidrio se deberán suministrar ya preparadas y listas para su empleo y no se les deberá agregar ni quitar ningún componente en el sitio de los trabajos.

La resina termoplástica se deberá aplicar de manera homogénea, de forma que no haya excesos ni deficiencias en ningún punto, formando una película uniforme sin arrugas, ampollas o bolsas de aire.

Las microesferas de vidrio se deberán dispersar uniformemente sobre la película de resina en estado líquido, la cual deberá ligarlas para lograr la máxima adhesión y agarre de ellas, pero sin afectar sus grados de refracción y reflexión.

700.4.5.3 Consideraciones adicionales

Toda demarcación que no resulte satisfactoria para el Interventor en cuanto a acabado, alineamiento longitudinal y reflectividad deberá ser corregida o removida por el Constructor mediante fresado o algún otro procedimiento apropiado, sin costo para el Instituto Nacional de Vías. En ningún evento se deberá utilizar pintura negra de tráfico para tapar la demarcación defectuosa.

Igual tratamiento se deberá dar a toda la demarcación colocada en forma diferente a los planos o las instrucciones del Interventor y que, a juicio de éste, pueda generar confusión o inseguridad a los usuarios de la vía.

El Constructor deberá remover, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías, toda pintura, resina termoplástica o cualquier otro material utilizado que presente problemas de adherencia con la superficie.

700.4.6 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la aplicación de pintura en frío en instantes de lluvia, ni cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea inferior a cinco grados Celsius (5° C).

No se permitirá la aplicación de resina termoplástica en instantes de lluvia, ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a doce grados Celsius (12° C) o cuando la temperatura del pavimento sea inferior a nueve grados Celsius (9° C). La temperatura de calentamiento del termoplástico no deberá exceder de doscientos treinta y dos grados Celsius (232° C) y nunca se podrá mantener su temperatura por encima de doscientos cuatro grados Celsius (204° C) durante más de seis horas; el material termoplástico se podrá recalentar, como máximo, tres (3) veces.

Cuando se aplique material termoplástico sobre concreto hidráulico o sobre un pavimento asfáltico con agregados expuestos, se deberá aplicar, previamente, un imprimante para mejorar el enlace de unión entre el pavimento y el termoplástico.

No se deberá aplicar termoplástico cuando haya humedad en el pavimento. Para determinar su existencia, se deberá hacer la siguiente prueba: pegar en la superficie del pavimento, con cinta de enmascarar o cualquier otro tipo de cinta, un trozo de plástico delgado de aproximadamente cincuenta centímetros cuadrados (50 cm²), teniendo cuidado de sellar todos los bordes. Después de quince (15) minutos se examinan el plástico y la vía y, si hay agua condensada en alguno de ellos, se considerará que el pavimento está húmedo.

Tampoco se podrán aplicar elementos de demarcación cuando el viento sea muy fuerte, igual o superior a 25 kilómetros por hora (≥ 25 Km/h), a menos que el Constructor utilice barreras u otros dispositivos que disminuyan la velocidad del viento en la zona de aplicación y, en el caso de la pintura, cuando la temperatura de la superficie a demarcar sea superior a cuarenta grados Celsius ($> 40^{\circ}$ C), a no ser que el fabricante de la pintura recomiende su aplicación a estas temperaturas.

No se permitirá la colocación de las líneas de demarcación o de marcas viales en áreas agrietadas de pavimento, con desplazamientos o donde existan fallas del material de la base subyacente.

700.4.7 Apertura al tránsito

Las superficies demarcadas deberán ser protegidas de la acción de cualquier tipo de tránsito hasta el instante en que el recubrimiento se encuentre perfectamente seco. Dicho instante será definido por el Interventor.

700.4.8 Manejo ambiental

Todas las labores de ejecución de líneas de demarcación y marcas viales se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

700.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

700.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo utilizado por el Constructor.
- Verificar la instalación de la señalización temporal para informar del cierre parcial de la vía o de la restricción de la velocidad de circulación, cuando la demarcación se hace con vía abierta.
- Comprobar que los materiales cumplan los requisitos de calidad exigidos en el numeral 700.2.
- Comprobar que los materiales se apliquen uniformemente y en los sitios previstos.
- Verificar la adhesión, el acabado y la reflectividad de la pintura colocada.
- Verificar como mínimo: (i) el alineamiento de las marcas viales cada dos kilómetros; (ii) el ancho de la línea cada kilómetro, y (iii) la separación entre líneas y ancho de carriles cada cinco kilómetros; o en los sitios que lo considere pertinente el Interventor.

- Verificar el cumplimiento sobre las distancias de prohibido adelantamiento, en curvas verticales y horizontales y en zonas con esta restricción en tramo recto, donde la distancia de visibilidad de adelantamiento sea mayor que la distancia de visibilidad del sector. Para ello, se le deberán indicar claramente al Constructor las velocidades de operación en cada uno de los sectores, para poder hacer estas mediciones de acuerdo con lo expresado en el "Manual de Señalización Vial" publicado por el Ministerio de Transporte de Colombia.

El Interventor medirá, para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado de acuerdo con los planos, esta especificación y las instrucciones de Interventor.

700.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

700.5.2.1 Acabado

700.5.2.1.1 Pintura de aplicación en frío

Las líneas serán razonablemente uniformes y libres de irregularidades. La uniformidad se determinará tomando muestras sobre láminas galvanizadas rectangulares de calibre No. 16 de diez centímetros (10 cm) por quince centímetros (15 cm), las cuales se colocarán cada quinientos metros (500 m). Cuando se hace la toma de la muestra, se interrumpe la pistola de aplicación de microesfera. Inmediatamente, estando húmeda la pintura, con una galga (micrómetro para medir espesores húmedos de pintura) se medirá el espesor aplicado.

Las cantidades de pintura y de microesferas aplicadas se determinarán tomando muestras sobre láminas galvanizadas rectangulares de calibre No. 16 de quince centímetros (15 cm) por veinticinco centímetros (25 cm), las cuales se colocarán cada cinco mil metros (5000 m).

La muestra de pintura con microesferas, seca, se colocará dentro de un disolvente que deshaga la pintura. Al tamizar el material disuelto en el tamiz

de setenta y cinco micras ($75\ \mu\text{m}$ o No. 200), quedan atrapadas las microesferas aplicadas. Conociendo la masa de la lámina galvanizada, la masa total de ésta con pintura y microesferas, la densidad, el contenido de sólidos y el área de pintura en la lámina, se determinará la cantidad real de pintura y de microesferas aplicadas en las líneas o marcas viales.

La toma de la muestra se realizará cuando el vehículo esté aplicando pintura y microesferas de vidrio a la vez. En seguida, se tomará una muestra de medio litro (0.5 l) de la pintura que está saliendo por la pistola. De la muestra de pintura líquida se determinarán en el laboratorio la densidad y el contenido de sólidos.

700.5.2.1.2 Resinas termoplásticas

Las cantidades y uniformidad de termoplástico y microesferas aplicados se determinarán tomando muestras sobre láminas galvanizadas rectangulares de calibre No. 16 de quince centímetros (15 cm) por veinticinco centímetros (25 cm), las cuales se colocarán cada cinco mil metros (5000 m).

Se atenderán los demás requisitos establecidos en este Artículo y los especificados en la norma NTC 4744-4.

700.5.2.2 Dimensiones y tolerancias

- Las franjas que correspondan a las denominadas marcas longitudinales en el "Manual de señalización vial" publicado por el Ministerio de Transporte de Colombia deberán tener un ancho mínimo de doce centímetros (12 cm).
- Las demás marcas deberán tener las dimensiones y separaciones que se indiquen en los planos del proyecto, las cuales deberán estar de acuerdo con lo que indique el "Manual de señalización vial" publicado por el Ministerio de Transporte de Colombia.

- El espesor mínimo de película húmeda de pintura será de 0.38 mm (15 mils) y, para el caso de resinas termoplásticas, de 2.3 mm (90 mils).
- Las longitudes de segmentos y espacios tendrán una relación de longitudes de 3 a 5. Serán de cuatro metros y medio (4.5 m) y siete metros y medio (7.5 m), respectivamente, en zona rural y de tres metros (3.0 m) y cinco metros (5.0 m), respectivamente, en zona urbana.
- La desviación máxima permitida (flecha), en cualquier tramo en línea recta, será de cinco centímetros (5 cm) en una distancia de cincuenta metros (50 m).
- Se atenderán las demás disposiciones del "Manual de señalización vial" publicado por el Ministerio de Transporte de Colombia y las de la norma NTC 4744-4.

700.5.2.3 Reflectividad

A las líneas y marcas con pintura o termoplástico, una vez aplicadas, se les medirá la reflectividad y se deberán obtener valores mayores o iguales a doscientos (200) milicandelas/m²/lux para pintura amarilla y doscientos cincuenta (250) milicandelas/m²/lux para pintura blanca en cualquier sitio de la vía demarcada. Estos valores son aplicables para vías con tránsito promedio diario menor o igual a 3000 vehículos (TPD $\leq$ 3000 vehículos), siempre y cuando se cuente con un sistema de limpieza y mantenimiento adecuado que no deteriore la demarcación. Para volúmenes de tránsito mayores, los valores de reflectancia serán los indicados en los documentos del proyecto.

Se deberá garantizar la reflectividad a largo plazo o luego de seis meses (6 meses) para la pintura o termoplástico. Al efecto, se deberán obtener valores mayores o iguales a ochenta ($\geq$ 80) milicandelas/m²/lux para pintura amarilla y cien ($\geq$ 100) milicandelas/m²/lux para pintura blanca en cualquier sitio de la vía demarcada.

La toma de datos se realizará por cada kilómetro de obra ejecutada en tres sitios y por cada línea. Un dato obtenido será el promedio de tres medidas realizadas en la misma línea dentro de una distancia de tres metros (3 m); las medidas individuales deberán estar dentro del diez por ciento (10 %) del promedio de las mismas o, de lo contrario, se deberán tomar dos o más lecturas adicionales para promediarlas y verificar si el promedio está o no dentro de los rangos especificados.

Todas las medidas se tomarán sobre superficies limpias y secas y de acuerdo a las recomendaciones del fabricante del equipo con que se realizan las mediciones, el cual suministrará los datos directamente en las unidades anotadas anteriormente.

En caso de que se obtengan valores por debajo del mínimo especificado, se harán mediciones cada doscientos metros (200 m) para identificar la zona no conforme, para que el Constructor tome las acciones correctivas que correrán a sus expensas.

Todas las deficiencias que excedan las tolerancias mencionadas deberán ser corregidas por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, a plena satisfacción del Interventor.

700.5.2.4 Resistencia al deslizamiento

La demarcación debe presentar una resistencia al deslizamiento suficiente para los que vehículos circulen sobre ella sin riesgo. Al respecto, aplican los criterios del Artículo 450.

700.6 MEDIDA

700.6.1 Líneas de demarcación

La unidad de medida de las líneas de demarcación será el metro lineal (m) aproximado al decímetro, de línea de demarcación continua o discontinua efectivamente aplicada sobre la superficie, de acuerdo con los planos del

proyecto y esta especificación, a plena satisfacción del Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

700.6.2 Marcas viales

La unidad de medida para las demás marcas viales será el metro cuadrado (m^2), aproximado a la centésima de metro cuadrado, de superficie realmente pintada, medida en el sitio o terreno y aceptada por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se medirá ninguna línea de demarcación o marca vial colocada por fuera de los límites autorizados por el Interventor.

700.7 FORMA DE PAGO

El pago de las líneas de demarcación y demás marcas viales se hará al respectivo precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado de acuerdo con esta especificación y aceptado a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de suministro, transporte, almacenamiento, desperdicios y aplicación de la pintura en frío o resina termoplástica y las microesferas reflectivas u otros materiales a que haya lugar; todos los trabajos e insumos necesarios para preparar las superficies donde se aplicará el material de demarcación utilizado, incluyendo el imprimante si éste fuese necesario; la señalización preventiva de la vía y el control del tránsito durante la ejecución de los trabajos y el lapso posterior que fije el Interventor para la apertura al tránsito y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del trabajo especificado.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

700.8 ÍTEM DE PAGO

700.1	Línea de demarcación con pintura en frío	Metro lineal (m)
700.2	Línea de demarcación con resina termoplástica	Metro lineal (m)
700.3	Marca vial con pintura en frío	Metro cuadrado (m ²)
700.4.	Marca vial con resina termoplástica	Metro cuadrado (m ²)

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

TACHAS REFLECTIVAS

ARTÍCULO 701 – 13

701.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro, almacenamiento, transporte y colocación de tachas reflectivas en la superficie del pavimento, utilizando adhesivos adecuados para que resistan el tránsito automotor sin desprenderse, de acuerdo con esta especificación, los planos del proyecto y las instrucciones del Interventor.

701.2 MATERIALES

701.2.1 Tachas

Las tachas estarán elaboradas con materiales metálicos, plásticos o similares de alta resistencia y el material reflectivo deberá ser vidrio o acrílico, de forma prismática, o esférica.

No se permitirá el suministro e instalación de tachas cuyo periodo de tiempo, comprendido entre su fabricación y su instalación exceda de doce (12) meses, independientemente de sus condiciones de almacenamiento.

Las tachas deberán cumplir, además, los siguientes requisitos generales:

701.2.1.1 Clasificación

Las tachas retrorreflectivas se clasificarán por el tipo, color y características de sus superficies.

701.2.1.1.1 Tipos de tachas retrorreflectivas

Tipo A: Tacha retrorreflectiva bidireccional de un solo color.

Tipo B: Tacha retrorreflectiva unidireccional de un solo color.

Tipo C: Tacha retrorreflectiva unidireccional de dos colores (con una cara retrorreflectiva roja y con la

cara opuesta de superficie blanca no retrorreflectiva).

Tipo D: Tacha retrorreflectiva bidireccional, de dos colores.

701.2.1.1.2 Color de las tachas retrorreflectivas

B: Blanco
A: Amarillo
R: Rojo
AZ: Azul
V: Verde

701.2.1.1.3 Características de superficie

Designación P: Tacha con superficie de lente plástica.

Designación H: Tacha con superficie de lente dura, resistente a la abrasión.

Designación V: Tacha con elemento retrorreflectivo de vidrio.

La clasificación debe incluir: tipo, color y condición de superficie (éste último solo para el caso de tachas designadas como H), en el orden presentado en los numerales anteriores.

Ejemplo. DRBH, es una tacha bidireccional, roja y blanca, con superficie resistente a la abrasión.

Los documentos del proyecto indicarán el tipo de tachas por utilizar.

701.2.1.2 Materiales y dimensiones

- Las tachas deben ser de grado reflector prismático.

- El área retroreflectiva será moldeada con material metilmetacrilato (véase la norma ASTM D 788, Grado 8), metilmetacrilato modificado para impacto (véase la norma ASTM D 788 y la nota 2) o policarbonato (véase la norma ASTM D 3935, Grado PC110B34750).
- La altura de la tacha no deberá exceder 20.3 mm (0.8 pulgadas).
- El ancho de la tacha no deberá exceder 130 mm (5.1 pulgadas).
- El ángulo entre la cara y la base de la tacha no será mayor de 45°.
- La base de la tacha deberá estar completamente libre de barniz o sustancias que pudieran reducir su fijación con el adhesivo.
- La base de la tacha deberá ser plana dentro de 1.3 mm (0.05 pulgadas). Si el fondo de la tacha es corrugado, las caras más salientes de la configuración no se deberán desviar más de 1.3 mm (0.05 pulgadas) de la superficie plana.
- Se puede aceptar otro tipo de construcción, siempre y cuando llene los requisitos de desempeño de esta especificación.

701.2.1.3 Resistencia a la adhesión

Para tachas de fondo plano, la resistencia a la adhesión, medida de acuerdo con el numeral 9.1 de la norma NTC 4745, debe ser mínimo 3.4 MPa.

Las tachas de fondo plano que pasen este ensayo con adhesivo epóxico se consideran también aceptables para uso con adhesivo bituminoso y termoplástico alquídico.

701.2.1.4 Intensidad luminosa

El coeficiente de intensidad luminosa, medido de conformidad con el numeral 9.2 de la norma NTC 4745, no deberá ser menor a los valores establecidos en la Tabla 701-1

Tabla 701 – 1. Coeficiente de intensidad luminosa R_1

ENTRADA ANGULO β_2	ANGULO OBSERVACIÓN α	VALOR MINIMO R_1 MILICANDELA POR LUX, (mcd/lx)				
		Blanco	Amarillo	Rojo	Verde	Azul
0°	0.2°	279	167	70	93	26
+20° /- 20°	0.2°	112	67	28	37	10
ENTRADA ANGULO β_2	ANGULO OBSERVACIÓN α	VALOR MINIMO R_1 CANDELAS POR PIE CANDELA, (cd/piecd)				
		Blanco	Amarillo	Rojo	Verde	Azul
0°	0.2°	3.0	1.8	0.75	1.0	0.28
+20° /- 20°	0.2°	1.2	0.72	0.30	0.4	0.11

Nota. El ángulo de componente de entrada β_1 y el ángulo de rotación ϵ son 0°.

701.2.1.5 Resistencia a la flexión

Requisito aplicable sólo a tachas con longitud y ancho iguales o mayores de diez (10) centímetros (4").

Cuando se ensayen de acuerdo al numeral 9.3.1 de la norma NTC 4745, las tachas deben soportar una carga de novecientos nueve kilogramos (909 kg) sin romperse y sin sufrir deformación mayor a 3.3 mm (0.13").

701.2.1.6 Resistencia a la compresión

Requisito aplicable solo a tachas con longitud y ancho menor de diez (10) centímetros (4").

Cuando se ensayen de acuerdo al numeral 9.3.2, de la norma NTC 4745, las tachas deben soportar una carga de dos mil setecientos veintisiete kilogramos (2727 kg) sin romperse y sin sufrir deformación mayor a 3.3 mm (0.13").

701.2.1.7 Color

Cuando el retrorreflector es iluminado por una fuente A estándar CIE y cuando es ensayado de acuerdo con la norma ASTM E 811, a 0.2° de ángulo de observación y 0° de ángulo

de entrada, el color de la luz retrorreflejada deberá estar dentro de las gamas de colores dadas por las áreas cuyos puntos de esquinas tienen las coordenadas de la Tabla 701-2 y son mostrados en la figura 1 de la norma NTC 4745, correspondiente a la gama de colores.

Tabla 701 – 2. Coordenadas de los puntos de esquinas

COLOR		PUNTOS					
		1	2	3	4	5	6
BLANCO	X	0.310	0.453	0.500	0.500	0.440	0.310
	Y	0.348	0.440	0.440	0.380	0.380	0.283
AMARILLO	X	0.545	0.559	0.609	0.597	-	-
	Y	0.424	0.439	0.390	0.390	-	-
ROJO	X	0.650	0.668	0.734	0.721	-	-
	Y	0.330	0.330	0.265	0.259	-	-
AZUL	X	0.039	0.160	0.160	0.188	0.088	-
	Y	0.320	0.320	0.240	0.218	0.142	-
VERDE	X	0.009	0.288	0.209	0.012	-	-
	Y	0.733	0.520	0.395	0.494	-	-

701.2.1.8 Resistencia del lente al agrietamiento (requisito aplicable sólo a tachas designadas como H)

701.2.1.8.1 Resistencia del lente al impacto

Cuando las tachas designadas como H se impactan de acuerdo con el numeral 9.5.1 de la norma NTC 4745, la cara del lente no deberá mostrar más de dos grietas radiales con una longitud máxima de 6.4 mm (0.25"). No debe haber grietas radiales que lleguen al borde de la superficie de resistencia a la abrasión. Adicionalmente, no se deberá presentar ninguna delaminación

701.2.1.8.2 Cambios cíclicos de temperatura

Cuando las tachas se sometan a cambios cíclicos de temperatura, de acuerdo con el numeral 9.5.2 de la norma NTC 4745, no se deberá producir ninguna grieta o delaminación.

701.2.1.8.3 Abrasión

Para las tachas designadas como H, se deberá realizar, adicionalmente, el ensayo de resistencia a la abrasión, de acuerdo con el numeral 9.2.2 de la norma NTC 4745, en cuatro (4) caras reflectivas que hayan pasado el ensayo establecido en el numeral 9.2.1 de dicha norma. Después de este ensayo, se medirá nuevamente el coeficiente de intensidad luminosa, el cual se debe mantener dentro de los valores establecidos en la Tabla 701 - 1. La falla de más de un elemento será causa para rechazar el lote completo.

701.2.1.9 Muestreo

Para tachas designadas como P, el tamaño de muestra deberá ser de 20 tachas por cada lote de 10000 unidades o menos, y 40 tachas para lotes mayores de 10000 unidades. Para tachas designadas como H, serán necesarias 10 unidades adicionales. El tamaño del lote no deberá exceder de 25000 unidades.

701.2.1.10 Empaque

Las tachas se deben distribuir en empaques adecuados que garanticen su protección y aseguren una entrega en perfectas condiciones.

Los empaques para despacho deben estar marcados con el nombre y la dirección del fabricante, el tipo, el color, la cantidad contenida y el número de identificación del lote.

701.2.2 Adhesivo

El material destinado a adherir la tacha con el pavimento deberá presentar unas características generales garantizadas por el fabricante, teniendo en cuenta el tipo y el estado del pavimento; además, el fabricante deberá indicar la dosificación con la cual ha de aplicarse el producto. Se podrá emplear material bituminoso y termoplástico o pegante epóxico de dos (2) o más componentes.

El adhesivo deberá asegurar un tiempo de secado que no sobrepase 25 minutos y que las tachas no sufran desplazamientos o movimientos al ser golpeadas por los vehículos después de transcurridas 12 horas desde su colocación.

El adhesivo no se podrá emplear sin el visto bueno del Interventor.

701.3 EQUIPO

Se deberá disponer del equipo necesario para preparar la superficie del pavimento y para el transporte y colocación de las tachas, así como para la limpieza de la superficie luego de terminados los trabajos y para la recolección y retiro de los desperdicios.

701.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

701.4.1 Localización

El Constructor deberá localizar las marcas sobre el pavimento de acuerdo con los planos de señalización, el Manual de Señalización Vial del Ministerio del Transporte y las instrucciones del Interventor.

La distancia de colocación de las tachas se debe determinar en función de la velocidad de operación del tramo de la vía; no debe generar contaminación visual o incomodidad al usuario que observaría una o más tachas por cada segundo de recorrido.

En tramos rectos de más de 1 km, las tachas se deben instalar máximo cada 36 m en forma continua o cada 48 m en forma de tresbolillo.

En tramos rectos de menos de 1 km, las tachas se deben instalar máximo cada 24 m en forma continua o cada 36 m en forma de tresbolillo.

En curvas, dependiendo del radio de ellas, tanto en el eje como lateralmente, las tachas se deberán ubicar como se indica en la Tabla 701 - 3.

En vías bidireccionales y una sola calzada de circulación se deberán emplear tachas con doble cara retroreflectiva, de color amarillo y blanco, tanto en líneas centrales como laterales.

Tabla 701 – 3. Distancia máxima entre tachas ubicadas en curvas

RADIO DE LA CURVA, m	DISTANCIA MÁXIMA ENTRE TACHAS, m
Menos de 20	6
Entre 20 y 49	8
Entre 50 y 99	12
Entre 100 y 199	18
Mayor a 200	24

Sobre “permitidos” o “prohibidos de adelantamiento”, la instalación de las tachas en el eje se debe localizar en el centro del espacio sin pintura. En tramos con líneas de demarcación intermitentes, no se deben instalar tachas al inicio o al final de cada segmento sino en el tramo del centro sin pintar. Al repintar, se debe tener cuidado de no pintar las mismas.

En vías multicarriles, o calzadas con una sola dirección, se emplearán tachas unidireccionales blancas o bidireccionales blanca-roja; en el último caso, el color blanco guiará a los conductores que circulan correctamente. Nunca se empleará un conjunto de tachas como reductores de velocidad; en agujas (obstáculos), la distancia máxima entre tachas será de 2.0 m o la que se indique en los documentos del proyecto.

Si durante el planeamiento previo a la instalación se determina que, como resultado del espaciamiento típico de tachas, una tacha será puesta en un sitio con defectos de superficie de pavimento, en una junta de construcción del pavimento o dentro de la intersección con una entrada domiciliaria o calle pública, el sitio propuesto se deberá relocalizar longitudinalmente a suficiente distancia, en un punto aprobado por el Interventor.

La distancia de relocalización de la tacha afectada no excederá el 10 % del espaciamiento típico. Donde fuere necesario relocalizar la tacha a una distancia mayor del 10 % de espaciamiento típico, la tacha afectada se deberá suprimir. La cara reflectora de la tacha deberá estar perpendicular a una línea paralela a la línea central de la vía.

701.4.2 Preparación de la superficie

Si la superficie presenta defectos o huecos notables, se corregirán los primeros y se rellenarán los segundos con materiales de la misma

naturaleza que los de aquella, antes de proceder a la aplicación de las tachas.

Los sitios elegidos para la colocación de las tachas se deberán limpiar de polvo, barro, grasa, suciedad y cualquier otro elemento extraño, cuya presencia atente contra la correcta adhesión de la tacha al pavimento. Para ello, se podrá emplear cualquier procedimiento que resulte satisfactorio para el Interventor y que sea ambientalmente permitido.

Cuando las tachas se vayan a instalar sobre un pavimento de concreto hidráulico, se deberán eliminar de la zona de fijación todos aquellos materiales utilizados en el proceso de curado del concreto que aún se encuentran sobre la superficie.

701.4.3 Colocación de las tachas

Las tachas se colocarán en los sitios previamente localizados, fijándolas con el adhesivo indicado en el numeral 701.2.2. Éste se deberá preparar de acuerdo con las instrucciones del fabricante y su cantidad a utilizar dependerá del estado de la superficie del pavimento.

Si se emplea un adhesivo epóxico, se recomienda no preparar más cantidad de adhesivo de la que se pueda utilizar en 10 minutos.

El adhesivo se aplicará con una espátula a la base de la tacha o a la superficie del pavimento, en una cantidad tal que cubra toda la superficie de contacto sin presentar vacíos, más un leve exceso.

Las tachas se deberán colocar tan pronto como sea posible, con un procedimiento que asegure que, respecto del eje de la vía, no sufrirá desviaciones mayores que 2 mm, medidos en los extremos. Una vez instalada la tacha, se deberá presionar hasta que el pegamento salga por los bordes. Todo exceso de adhesivo se deberá limpiar y retirar inmediatamente. No se aceptará, por ningún motivo, que alguna traza de pegamento quede sobre la cara reflectante de la tacha.

701.4.4 Control del tránsito

Será responsabilidad del Constructor la colocación de toda la señalización preventiva requerida para la ejecución segura de los trabajos, así como el ordenamiento del tránsito automotor durante el tiempo requerido.

Las tachas deberán ser protegidas del tránsito o de cualquier golpe por un tiempo mínimo de 30 minutos después de colocadas. Además, durante el período que dure el proceso de endurecimiento del pegamento, se deberán tomar todas las precauciones necesarias para evitar que el tránsito pase sobre las tachas. Para esto, el Constructor deberá colocar elementos de señalización como conos o barreras para asegurar el procedimiento.

701.4.5 Limpieza final

Una vez colocadas las tachas, el Constructor deberá retirar del sitio de los trabajos todos los equipos, señales y materiales sobrantes, disponiéndolos en lugares que resulten aceptables para el Interventor.

701.4.6 Limitaciones en la instalación

No se permitirá la colocación de tachas en las siguientes condiciones:

- Cuando exista lluvia.
- Cuando la temperatura del pavimento o la del aire esté a:
 - 0° C o menos, en caso de utilizar adhesivo epóxico de fijación rápida.
 - 10° C o menos, cuando se utilice epóxico de fijación normal.
 - 4.4° C o menos y máximo 12° C, cuando se utilice ligante-asfáltico.
 - Menos de 9° C, cuando se utilice termoplástico alquídico.
- Cuando la humedad relativa del aire sea mayor del 80 %.
- Cuando la superficie del pavimento no esté suficientemente seca.

En pavimentos nuevos con carpeta de concreto asfáltico, las tachas se podrán colocar después de que la superficie se haya abierto al tránsito público por un periodo no menor de 14 días continuos.

Tampoco se permitirá la colocación de tachas sobre áreas de pavimento agrietadas, con desplazamientos o donde existan fallas del material de la base subyacente.

Además, se deberán atender todas las limitaciones adicionales que establezcan los fabricantes del adhesivo y de las tachas.

701.4.7 Manejo ambiental

Todas las determinaciones referentes a la colocación de tachas deberán ser tomadas considerando la protección del medio ambiente y las disposiciones vigentes.

En particular, se deberá prestar atención al correcto manejo del adhesivo y de los desperdicios generados en el trabajo.

701.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

701.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento del equipo utilizado por el Constructor.
- Comprobar que todos los materiales cumplan los requisitos indicados en el numeral 701.2.
- Vigilar que las tachas no se coloquen con anterioridad a la aplicación de las líneas de demarcación.
- Verificar que las tachas queden correctamente colocadas y contarlas para efectos de pago.

El Interventor medirá, para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado de acuerdo con los planos, esta especificación y las instrucciones de Interventor.

701.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**701.5.2.1 Calidad de los materiales**

No se admitirán materiales que incumplan las exigencias del numeral 701.2.

701.5.2.2 Instalación de las tachas

El Interventor sólo aceptará el trabajo si las tachas han sido colocadas de acuerdo con los planos, la presente especificación, sus instrucciones y si se encuentran totalmente adheridas a la superficie del pavimento a los treinta (30) días de su colocación.

Todas las deficiencias que presenten los trabajos deberán ser corregidas por el Constructor a plena satisfacción del Interventor, y sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

701.6 MEDIDA

Las tachas reflectivas se medirán por unidad (u) instalada de acuerdo con los documentos del proyecto y la presente especificación, debidamente aceptadas por el Interventor.

701.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato por toda tacha reflectiva colocada a satisfacción del Interventor. El precio unitario deberá cubrir todos los costos inherentes al suministro de materiales y equipos; localización y preparación de los sitios de colocación de las tachas; transportes, almacenamiento y colocación del adhesivo y las tachas; señalización temporal y ordenamiento del tránsito; limpieza, remoción, transporte y disposición de desperdicios y, en general, todo costo adicional requerido para la correcta ejecución del trabajo especificado.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

701.8 ÍTEM DE PAGO

701.1 Tacha reflectiva

Unidad (u)

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente
NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

SEÑALES VERTICALES DE TRÁNSITO

ARTÍCULO 710 – 13

710.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro, almacenamiento, transporte e instalación de señales verticales de tránsito, de acuerdo con los planos y demás documentos del proyecto o lo indicado por el Interventor.

El diseño de las señales verticales, los mensajes y los colores, deberán estar de acuerdo con el "Manual de Señalización Vial" del Ministerio de Transporte de Colombia y demás normas que lo complementen o sustituyan.

710.2 MATERIALES

710.2.1 Material retrorreflectivo

Retrorreflectividad es el fenómeno de reflexión de la luz hacia la fuente que la emite, con una dispersión mínima. La retrorreflectividad se describe en la norma ASTM E 808.

El material retrorreflectivo para las señales verticales de tránsito y delineadores que cubre este Artículo deberá cumplir las especificaciones contenidas en la norma NTC 4739 "Láminas retrorreflectivas para control de tránsito". El tipo de material retrorreflectivo de cada señal será el indicado en los documentos del contrato, en función del grado de retrorreflectividad, color y durabilidad requeridos en cada caso; deberá cumplir con los requisitos de visibilidad y retrorreflexión definidos en el "Manual de Señalización Vial" del Ministerio de Transporte de Colombia.

El Constructor deberá presentar las certificaciones de cumplimiento de dicha norma, expedidas por el proveedor del material, para aprobación de Interventor.

710.2.2 Material para tableros

Los tableros para todas las señales deberán ser de lámina de poliéster reforzado con fibra de vidrio, lámina de aluminio o lámina de acero galvanizado.

En las señales informativas de destino (a excepción de la señal SI-05C), de información en ruta y elevadas, se utilizará únicamente la lámina de acero galvanizado. En la parte posterior de todos los tableros de las señales se deberá imprimir el logotipo del Instituto Nacional de Vías, la fecha de instalación (día, mes y año), el nombre del Constructor y el número del contrato.

Los diferentes tipos de materiales se deberán utilizar de acuerdo con las siguientes consideraciones:

- En lámina de poliéster reforzado con fibra de vidrio o aluminio, para vías localizadas en zonas aledañas a áreas marinas o donde existan problemas de oxidación.
- En lámina de poliéster reforzado con fibra de vidrio, acero galvanizado o aluminio, para vías ubicadas en áreas cuya altura sobre el nivel del mar sea menor de mil metros (< 1000 m).
- En lámina de acero galvanizado o aluminio para vías ubicadas en áreas cuya altura sobre el nivel del mar sea igual o superior a mil metros (≥ 1000 m).

710.2.2.1 Lámina de poliéster reforzado con fibra de vidrio

El material deberá cumplir los siguientes requisitos:

710.2.2.1.1 Espesor

Deberá ser de tres milímetros y cuatro décimas más o menos cuatro décimas de milímetro ($3.4 \text{ mm} \pm 0.4 \text{ mm}$), el cual se verificará como el promedio de las medidas en cuatro sitios del borde de cada lámina, con una separación entre ellos igual a la cuarta parte del perímetro de ésta. La lámina no deberá contener grietas visibles ni arrugas en las superficies que puedan afectar su comportamiento y alterar las dimensiones. Por lo menos una de las caras de la lámina debe ser completamente lisa.

710.2.2.1.2 Color

El color deberá ser blanco uniforme.

710.2.2.1.3 Pandeo

La deflexión máxima vertical en el centro de una lámina cuadrada de setenta y cinco centímetros (75 cm) de lado, suspendida horizontalmente de sus cuatro (4) vértices, no deberá ser mayor de doce milímetros (12 mm).

Luego, la lámina se coloca, suspendida en las mismas condiciones, en un horno a ochenta y dos grados Celsius (82° C) durante cuarenta y ocho (48) horas; se saca del horno, se suspende de la misma forma y se deja enfriar. La deflexión máxima vertical en el centro de la lámina, medida una vez alcance la temperatura ambiente, no deberá ser mayor de doce milímetros (12 mm).

710.2.2.1.4 Resistencia al impacto

Una lámina cuadrada de setenta y cinco centímetros (75 cm) de lado, apoyada en sus extremos y a una altura de veinte centímetros (20 cm) del piso, deberá resistir el impacto de una esfera de acero de cuatro mil quinientos gramos (4,500 g) en caída libre desde una altura de tres y medio metros (3.5 m), sin resquebrajarse.

710.2.2.1.5 Estabilidad térmica

Las características de resistencia no deberán ser afectadas apreciablemente en un rango de temperaturas entre menos dieciocho y más cien grados Celsius (-18° C y + 100° C).

710.2.2.1.6 Resistencia al fuego

Los componentes de la lámina deberán contener aditivos que la hagan menos propensa a prender y propagar llamas, y deberá ser autoextinguible.

710.2.2.1.7 Protección ante la intemperie

Las láminas deberán estar fabricadas con protección ante la intemperie por ambas caras. Deberán poseer una superficie uniforme químicamente pegada, recubrimiento gelatinoso (Gel-Coat) que no se pueda separar. Para comprobarlo, se sumergirá una muestra de diez centímetros (10 cm) por dos centímetros (2 cm) en una probeta que contenga cloruro de metileno, durante trece (13) minutos, después de lo cual se seca, no debiendo aparecer fibra de vidrio por ninguna de las dos caras.

710.2.2.1.8 Estabilización

Las láminas deberán estar fabricadas de manera que no liberen constituyentes emigrantes (solventes, monómeros, etc.) con el tiempo. No deberán contener residuos de agentes desmoldeantes en la superficie del laminado que pudieran interferir en la adherencia de la lámina retrorreflectiva.

710.2.2.1.9 Tratamiento de la cara frontal

Previamente a la aplicación del material retrorreflectivo, la lámina deberá ser limpiada, desengrasada y secada de toda humedad.

710.2.2.2 Lámina de acero galvanizado**710.2.2.2.1 Material**

La lámina será de acero laminado en frío y revestida por ambas caras con una capa de zinc, aplicada por inmersión en caliente, según normas las NTC 3940 y

NTC 4011; después del galvanizado, se preparará para la pintura según la norma ASTM D 6386.

710.2.2.2.2 Espesor

La lámina de acero deberá tener un espesor de un milímetro y medio, con una tolerancia de más o menos quince centésimas de milímetro ($1.5 \text{ mm} \pm 0.15 \text{ mm}$). La medida se podrá efectuar en cualquier parte de la lámina, a una distancia no menor de diez milímetros (10 mm) del borde.

710.2.2.2.3 Resistencia al dobléz

Una probeta cuadrada de cinco centímetros (5 cm) de lado, no sometida a tratamientos térmicos previos, no deberá presentar desprendimiento de zinc cuando se dobla girando ciento ochenta grados (180°), con una luz igual al espesor de la lámina.

710.2.2.2.4 Tratamiento de la cara frontal

Previamente a la aplicación del material retrorreflectivo, la lámina galvanizada deberá ser limpiada y desengrasada; además, deberá estar libre de óxido blanco. El galvanizado deberá tener una superficie de terminado producida con abrasivo grado cien (100) o más fino.

710.2.2.2.5 Tratamiento de la cara posterior

Una vez cortada y pulida, la lámina se deberá limpiar y desengrasar, aplicándose seguidamente una pintura base (wash primer o epoxipoliámida), para colocar finalmente una capa de esmalte sintético blanco.

710.2.2.3 Lámina de aluminio**710.2.2.3.1 Material**

La lámina de aluminio será de aleaciones 6061-T6, 5052-H38 (norma ASTM B 209) o extrusiones similares.

710.2.2.3.2 Espesor

El espesor será de dos milímetros, medidos con una tolerancia de más o menos dos décimas de milímetro ($2 \text{ mm} \pm 0.2 \text{ mm}$). La medida se podrá efectuar en cualquier parte de la lámina, a una distancia no menor de diez milímetros (10 mm) del borde.

710.2.2.3.3 Tratamiento de la cara frontal

Previamente a la aplicación del material retrorreflectivo, la lámina deberá ser limpiada y desengrasada; además, deberá estar libre de óxido blanco. El aluminio deberá tener una superficie de terminado producida con abrasivo grado cien (100) o más fino.

710.2.2.3.4 Tratamiento de la cara posterior

Una vez cortada y pulida, la lámina se deberá limpiar y desengrasar, aplicándose seguidamente una pintura base (wash primer o epoxipoliámida), para colocar finalmente una capa de esmalte sintético blanco.

710.2.2.4 Consideraciones adicionales

Las señales de destino (a excepción de la señal SI-05C) y de información en ruta se fabricarán en lámina galvanizada calibre veinte (20). Las señales elevadas se elaborarán en lámina galvanizada calibre veintidós (22). A los tableros de estas señales se les realizarán dos (2) dobleces o pestañas de

dos centímetros (2 cm) cada una, en sus cuatro bordes, con el fin de darles mayor rigidez.

710.2.3 Material para postes

Las estructuras de soporte, o postes para señales verticales, deberán ser elaboradas en perfil en ángulo de hierro galvanizado de cincuenta milímetros (50 mm) por cincuenta milímetros (50 mm) por seis punto treinta y cinco milímetros (6.35 mm), con límite de fluencia mínimo de doscientos cincuenta megapascales (250 MPa) en todos los tipos de señales.

El perfil será de primera clase, sin hormigueros en ninguna parte de su longitud; no se aceptarán añadiduras ni traslapes en postes y brazos. El galvanizado se aplicará por inmersión en caliente, según las normas NTC 2076 y NTC 4011.

Se deberá garantizar la rigidez de las láminas de los tableros correspondientes a las señales preventivas (SP), reglamentarias (SR), de información general, de servicios y turísticas (SI) y delineadores de curva horizontal, fijándolas a la cruceta formada entre el poste y sus brazos, los cuales deberán formar un perfecto plano de apoyo que en todo momento deberá estar en contacto con la lámina.

La soldadura del brazo deberá ser con piquete o suplemento. En señales dobles, la rigidez se deberá garantizar con dos (2) crucetas del mismo tipo citado anteriormente, debidamente soldadas.

Se podrán yuxtaponer los tableros de las señales verticales de tránsito preventivas (SP), reglamentarias (SR) o informativas de identificación, de información general, de servicios y turísticas (SI), en los postes de concreto hidráulico, acero o madera de las redes de energía o teléfonos, siempre y cuando la entidad que instaló los postes autorice su adosamiento.

Para tal efecto, se utilizará una banda de acero inoxidable de doce punto siete milímetros (12.7 mm) de ancho y cero punto setenta y seis milímetros (0.76 mm) de espesor, asegurada con una hebilla de acero inoxidable. Para el sostén, apoyo o soporte del tablero de la señal, se utilizará una ménsula en acero inoxidable de treinta y ocho milímetros (38 mm) de ancho y uno punto nueve milímetros (1.9 mm) de espesor, la cual deberá tener aletas que sobresalgan, como mínimo, veinte

centímetros (20 cm) a cada lado del eje del poste para rigidizar el tablero en el sentido perpendicular al eje vertical de la señal. Siempre se deberán utilizar dos bandas, con sus correspondientes accesorios, una en la parte superior del tablero y otra en su parte inferior.

710.2.4 Material para los brazos de los postes

En todos los casos, las crucetas deberán ser elaboradas en perfil en ángulo de hierro galvanizado de cincuenta milímetros (50 mm) por cincuenta milímetros (50 mm) por tres punto dieciocho milímetros (3.18 mm), con límite de fluencia mínimo de doscientos cincuenta megapascales (250 MPa).

El galvanizado se aplicará por inmersión en caliente, según las normas NTC 2076 y NTC 4011.

710.2.5 Material para anclaje a la fundación

Los postes se deberán diseñar con un anclaje en la parte inferior, soldado en forma de T, con ángulo de hierro galvanizado de veinticinco milímetros (25 mm) por veinticinco milímetros (25 mm) por tres punto dieciocho milímetros (3.18 mm), con límite de fluencia mínimo de doscientos cincuenta megapascales (250 MPa).

El galvanizado se aplicará por inmersión en caliente, según las normas NTC 2076 y NTC 4011.

710.2.6 Recubrimiento de los postes

Los postes, crucetas y anclajes galvanizados deberán ser recubiertos con esmalte blanco.

710.2.7 Soldadura

La soldadura utilizada deberá tener una resistencia mayor al veinticinco por ciento (25 %) de la resistencia del acero utilizado para la fabricación de la señal vertical. La soldadura se deberá aplicar antes del galvanizado.

710.2.8 Dimensiones de los tableros

Se atenderán las disposiciones sobre las dimensiones de tableros mencionadas en el "Manual de Señalización Vial" del Ministerio de Transporte de Colombia.

710.2.9 Dimensiones de los postes

Se atenderán todas las disposiciones sobre las dimensiones de los postes indicadas en el "Manual de Señalización Vial" del Ministerio de Transporte de Colombia.

710.2.10 Material para el anclaje

Las señales se instalarán en el piso en un anclaje de concreto simple cuya resistencia a la compresión a veintiocho (28) días sea, como mínimo, catorce megapascuales (14 MPa).

Dentro del anclaje se acepta la inclusión de dos (2) capas de cantos de diez centímetros (10 cm) de tamaño máximo, una superior y otra inferior, con el fin de dar rigidez a la señal instalada, mientras fragua el concreto.

710.3 EQUIPO

Se deberá disponer de los equipos necesarios para la correcta ejecución de los trabajos, incluyendo los siguientes elementos:

- Hoyadoras agrícolas, barras de acero y palas.
- Llaves fijas o de expansión para tornillos.
- Martillo de tamaño tal que permita doblar los tornillos una vez apretadas las tuercas.
- Remachadora.

710.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

710.4.1 Ubicación de las señales

Las señales se instalarán en los sitios que indiquen los planos del proyecto o defina el Interventor. Todas las medidas deberán ser realizadas por una comisión de topografía.

710.4.2 Excavación

El Constructor efectuará una excavación cilíndrica para el anclaje de la señal, de veinticinco centímetros (25 cm) de diámetro y sesenta centímetros (60 cm) de profundidad.

Con el fin de evitar que la señal quede a una altura menor a la especificada cuando se instale en zonas donde la carretera transcurre en terraplén, en este caso la excavación sólo se realizará en una profundidad de treinta centímetros (30 cm) pero el Constructor deberá, además, instalar una formaleta de la altura necesaria para que, al vaciar el concreto, la señal quede correctamente anclada y presente la altura especificada.

710.4.3 Anclaje de la señal

El anclaje se realizará rellenando la excavación con un concreto que presente las características indicadas en el numeral 710.2.10. También, se acepta la inclusión de las capas de cantos a que hace referencia el mismo numeral.

710.4.4 Instalación de la señal

El Constructor instalará la señal de manera que el poste presente absoluta verticalidad y que se obtenga la altura libre mínima indicada en los documentos del proyecto.

El tablero se deberá fijar al poste mediante tornillos de dimensiones mínimas de cinco dieciseisavos de pulgada (5/16") por una pulgada (1"), rosca ordinaria, arandelas y tuercas, todo galvanizado por proceso de inmersión en caliente, a los cuales se les deberán dar golpes para dañar su rosca y evitar que puedan ser retirados fácilmente. Además, se deberán instalar cuatro (4) remaches a diez centímetros (10 cm) de distancia, medidos desde los tornillos hacia el centro de la cruceta. También se

podrán utilizar otros sistemas de aseguramiento que impidan el retiro del tornillo o elemento de fijación.

710.4.5 Consideraciones adicionales

Adicionalmente, se atenderán todas las disposiciones contenidas en el "Manual de Señalización Vial" del Ministerio de Transporte de Colombia y demás normas que lo complementen o sustituyan.

710.4.6 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la instalación de señales de tránsito en instantes de lluvia, ni cuando haya agua retenida en la excavación o el fondo de ésta se encuentre muy húmedo, a juicio del Interventor. Toda el agua retenida deberá ser removida antes de efectuar el anclaje e instalar la señal.

710.4.7 Manejo ambiental

Todas las labores referentes al suministro e instalación de señales verticales de tránsito se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

710.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

710.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de utilizado por el Constructor.
- Comprobar que todos los materiales cumplan los requisitos exigidos en el numeral 710.2.
- Efectuar mediciones de retrorreflectividad con un retrorreflectómetro que mida directamente los valores en las unidades candela/lux/m², indicadas la norma técnica colombiana NTC 4739.

- Comprobar la correcta instalación de las señales, de acuerdo con este Artículo.

El Interventor contará y medirá, para efectos de pago, las señales correctamente elaboradas e instaladas.

710.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

710.5.2.1 Calidad de los materiales

No se admitirán tolerancias en relación con los requisitos establecidos en el numeral 710.2 para los diversos materiales que conforman las señales y su anclaje.

710.5.2.2 Excavación

La excavación no podrá tener dimensiones inferiores a las establecidas en el numeral 710.4.2.

710.5.2.3 Inspección previa

Previo al recibo de las señales, el Interventor hará una inspección en horas nocturnas, con la ayuda de una linterna apoyada en la frente, con la cual se iluminará la señal percibiéndose su calidad y detectándose zonas que no reflectan.

710.5.2.4 Instalación

Las señales verticales de tránsito sólo se aceptarán si su instalación está en un todo de acuerdo con las indicaciones de los planos, del Interventor y de lo señalado en el presente Artículo.

Todas las deficiencias que excedan las tolerancias mencionadas deberán ser subsanadas por el Constructor a plena satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

710.6 MEDIDA

Las señales verticales de tránsito se medirán por unidad (u), suministrada e instalada de acuerdo con los documentos del proyecto y este Artículo, a plena satisfacción del Interventor.

Las señales de tránsito que hayan sido contratadas por metro cuadrado (m^2), se pagarán de acuerdo a esta unidad de medida aproximada a la centésima de metro cuadrado, del área reflectiva del tablero de la señal suministrada e instalada de acuerdo con los documentos del proyecto y este Artículo, a plena satisfacción del Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

710.7 FORMA DE PAGO

El pago de las señales verticales de tránsito se hará al respectivo precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado de acuerdo con esta especificación y aceptado a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir los costos de todos los materiales que conforman la señal, su fabricación, desperdicios, almacenamiento y transporte hasta el sitio de instalación; las mediciones topográficas requeridas, la excavación, el transporte y disposición en los sitios que defina el Interventor de los materiales excavados; el suministro y la colocación de los cantos, el concreto y las formaleas que eventualmente se requieran para el anclaje, así como todo costo adicional necesario para el correcto cumplimiento de esta especificación.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

710.8 ÍTEM DE PAGO

710.1 Señal vertical de tránsito tipo ____ con lámina retrorreflectiva tipo ____ Unidad (u)

710.2 Señal vertical de tránsito tipo ____ con lámina retrorreflectiva tipo ____ Metro cuadrado (m^2)

Nota: Se deberá elaborar un sub-ítem para cada tipo de señal y cada tipo de lámina retrorreflectiva incluido en el contrato.

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIA
Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

POSTES DE REFERENCIA

ARTÍCULO 720 – 13

720.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, manejo, almacenamiento, pintura e instalación de postes de referencia en los sitios establecidos en los planos del proyecto o indicados por el Interventor.

El diseño del poste deberá estar de acuerdo con lo estipulado en el "Manual de señalización vial", publicado por el Ministerio de Transporte de Colombia, y demás normas complementarias.

720.2 MATERIALES

720.2.1 Concreto

Los postes serán prefabricados y se elaborarán con un concreto reforzado cuya resistencia mínima a compresión a los veintiocho (28) días sea de diecisiete punto cinco megapascals (17.5 MPa).

Para el anclaje del poste se podrá emplear un concreto simple de catorce megapascals (14 MPa) de resistencia mínima a la compresión a los veintiocho (28) días.

720.2.2 Refuerzo

La armadura de refuerzo deberá cumplir lo indicado en el Artículo 640. Los postes serán reforzados con acero de resistencia a la fluencia mínima de doscientos cuarenta megapascals (240 MPa), con cuatro (4) barras longitudinales de diámetro de nueve punto cinco milímetros (9.5 mm) o tres octavos de pulgada (3/8"), y flejes de diámetro de seis punto cuatro milímetros (6.4 mm) o de un cuarto de pulgada (1/4"), cada veinte centímetros (20 cm).

720.2.3 Pintura

El color de los postes será blanco y se pintarán con esmalte sintético. Su contenido informativo en la parte superior se hará utilizando esmalte

negro y caracteres del alfabeto serie B y letras de quince centímetros (15 cm) de altura, de acuerdo con lo especificado en el "Manual de señalización vial" publicado por el Ministerio de Transporte de Colombia.

720.3 EQUIPO

Se deberá disponer de todos los equipos y elementos necesarios para la correcta y oportuna ejecución de los trabajos especificados.

720.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

720.4.1 Fabricación de los postes

Los postes se fabricarán fuera del sitio de instalación, con un concreto y una armadura que satisfagan los requisitos de calidad establecidos en el numeral 720.2 y con la forma y las dimensiones establecidas para la señal SI-04 en el "Manual de señalización vial" publicado por el Ministerio de Transporte de Colombia.

La pintura del poste se realizará con productos acordes con lo indicado en el numeral 720.2.3 y con los colores establecidos para la señal SI-04.

720.4.2 Ubicación de los postes

Los postes se colocarán en los sitios que indiquen los planos del proyecto o señale el Interventor, como resultado de mediciones efectuadas por el eje longitudinal de la carretera. La colocación se hará en el costado derecho de la vía para las referencias kilométricas pares y en el izquierdo para las referencias kilométricas impares, a una distancia del borde de la calzada de, cuando menos, un metro y medio (1.5 m).

720.4.3 Excavación

Los postes se deberán enterrar en el suelo en una profundidad de treinta centímetros (30 cm), por lo cual el Constructor deberá efectuar una excavación de dicha profundidad y de sección rectangular de, cuando menos, cincuenta centímetros (50 cm) por treinta centímetros (30 cm). El fondo de la excavación se compactará manualmente para asegurar la uniformidad de la superficie.

720.4.4 Colocación y anclaje del poste

El poste se colocará verticalmente de manera que su leyenda quede perpendicular al eje de la vía. El espacio entre el poste y las paredes de la excavación se rellenará con el concreto de anclaje cuyas características se han descrito en el numeral 720.2.1.

720.4.5 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la colocación de postes de referencia en instantes de lluvia, ni cuando haya agua retenida en la excavación, o cuando el fondo de ésta se encuentre demasiado húmedo, a juicio del Interventor.

Toda agua retenida en la excavación deberá ser retirada por el Constructor antes de colocar el poste y su anclaje.

720.4.6 Manejo ambiental

Todas las determinaciones referentes a los trabajos de postes de referencia deberán ser tomadas considerando la protección del medio ambiente y las disposiciones vigentes sobre el particular.

720.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

720.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de utilizado por el Constructor.
- Comprobar que los materiales y mezclas satisfagan las exigencias de la presente especificación.
- Verificar que los postes tengan las dimensiones correctas, que estén adecuadamente pintados y que su instalación esté conforme con los planos y las exigencias de esta especificación.

El Interventor contará, para efectos de pago, los postes correctamente elaborados e instalados.

720.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**720.5.2.1 Calidad de los materiales**

El Interventor no admitirá tolerancias en relación con los requisitos establecidos en el numeral 720.2 para los diversos materiales que conforman los postes y su anclaje.

720.5.2.2 Excavación

La excavación no podrá tener dimensiones inferiores a las establecidas en el numeral 720.4.3. El Interventor verificará, además, que su fondo sea horizontal y se encuentre debidamente compactado, de manera que proporcione apoyo uniforme al poste.

720.5.2.3 Instalación del poste

Los postes de kilometraje sólo serán aceptados por el Interventor si su instalación está en un todo de acuerdo con lo que se indica en el numeral 720.4.4.

720.5.2.4 Dimensiones del poste

No se admitirán postes cuyas dimensiones sean inferiores a las indicadas en el "Manual de señalización vial" publicado por el Ministerio de Transporte de Colombia, para la señal SI-04.

Tampoco se aceptarán si una o más de sus dimensiones exceden las indicadas en el manual en más de dos centímetros (2 cm).

Todas las deficiencias que excedan las tolerancias mencionadas deberán ser corregidas por el Constructor, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías, a satisfacción del Interventor.

720.6 MEDIDA

Los postes de referencia se medirán por unidad (u) instalada de acuerdo con los documentos del proyecto y la presente especificación, debidamente aceptada por el Interventor.

720.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato por todo poste instalado a satisfacción del Interventor. El precio unitario deberá cubrir todos los costos de materiales, fabricación, pintura, manejo, almacenamiento y transporte del poste hasta el sitio de instalación; la excavación y el concreto para el anclaje; el cargue, transporte y disposición en los sitios que defina el Interventor de los materiales excavados; la instalación del poste y, en general, todo costo adicional requerido para la correcta ejecución del trabajo especificado.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

720.8 ÍTEM DE PAGO

720.1 Poste de referencia

Unidad (u)

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIA

DEFENSAS METÁLICAS

ARTÍCULO 730 – 13

730.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro, almacenamiento, transporte e instalación de defensas metálicas a lo largo de los costados de la carretera, en los tramos indicados en los planos del proyecto o los establecidos por el Interventor.

730.2 MATERIALES

730.2.1 Lámina

Las barandas de las defensas metálicas serán de lámina de acero corrugado obtenidas por los sistemas de crisol abierto, horno eléctrico o convertidores básicos de oxígeno.

Las dos caras de las láminas deberán ser galvanizadas por inmersión en zinc en estado de fusión, con una cantidad de zinc mínima de quinientos cincuenta gramos por metro cuadrado (550 g/m²), según la norma NTC-3755.

El zinc utilizado deberá cumplir las exigencias de la especificación AASHTO M-120 y deberá ser, por lo menos, igual al grado denominado "Prime Western". Todos los elementos deberán ser galvanizados en caliente según normas NTC 2076, 3320 y ASTM A123.

Los espesores de las láminas con las cuales se fabricarán las defensas serán los de defensa clase A, de calibre 12 (2.67 mm).

Salvo que los documentos del proyecto o las especificaciones particulares determinen lo contrario, la lámina deberá cumplir todos los requisitos de calidad establecidos en la especificación M-180 de la AASHTO, en especial los que se presentan en la Tabla 730 - 1.

Tabla 730 – 1. Requisitos de lámina para defensas metálicas

CARACTERÍSTICA		VALOR MÍNIMO
Vigas	Resistencia a la tracción	490 MPa
	Límite de fluencia	350 MPa
	Alargamiento de una probeta de 50 mm de longitud por 12.5 mm de ancho y por el espesor de la lámina	12 %
Secciones final y de tope	Resistencia a la tracción	315 MPa
	Límite de fluencia	230 MPa
	Alargamiento de una probeta de 50 mm de longitud por 12.5 mm de ancho y por el espesor de la lámina	12 %

730.2.2 Características de la defensa

La forma de la defensa será curvada del tipo doble onda (perfil W) y sus dimensiones deberán estar de acuerdo con lo indicado en la especificación AASHTO M-180, excepto si los planos del proyecto establecen formas y valores diferentes.

Las defensas que se deban instalar con un radio de curvatura de cuarenta y cinco metros (45 m) o menor, se deberán adquirir con la curvatura aproximada de instalación.

La defensa no necesita ningún revestimiento adicional (pintura o anticorrosivo).

Para la visualización de las defensas en horas nocturnas, en cada poste se adosará un captafaro, el cual debe cumplir lo expresado en el Artículo 740.

730.2.3 Postes de fijación

Podrán ser perfiles estructurales de acero en un todo de acuerdo con las dimensiones y pesos indicados en los planos y respondiendo a las características mecánicas indicadas en ellos, o perfiles de lámina de acero en U o en I, conformada en frío o en caliente, que permita sujetar la baranda por medio de tornillos sin que los agujeros dejen secciones debilitadas, que cumplan las normas ASTM A 36 o A 588 y cuyos módulos resistentes cumplan las siguientes condiciones:

$$W_x(cm^3)W_y(cm^3) > 560cm^6 \quad [730.1]$$

$$5 < \frac{W_x}{W_y} < 10 \quad [730.2]$$

Los postes de fijación deberán ser galvanizados por inmersión en zinc en estado de fusión, con una cantidad de zinc no menor a quinientos cincuenta gramos por metro cuadrado (550 g/m²).

Su longitud deberá ser de un metro con ochenta centímetros (1.80 m), salvo que los documentos del proyecto establezcan un valor diferente.

730.2.4 Elementos de fijación

Se proveerán tornillos de dos tipos, los cuales presentarán una resistencia mínima a la rotura por tracción de 490 MPa.

Los tornillos para empalme de tramos sucesivos de defensa serán de dieciséis milímetros (16 mm) de diámetro y treinta y dos milímetros (32 mm) de longitud, con cabeza redonda, plana y cuello ovalado, con peso aproximado de ocho punto seis kilogramos (8.6 Kg) por cada cien (100) unidades.

Los tornillos de unión de la lámina al poste serán de dieciséis milímetros (16 mm) de diámetro y longitud apropiada según el poste por utilizar. Estos tornillos se instalarán con arandelas de acero, de espesor no inferior a cuatro milímetros y ocho décimas (4.8 mm) con agujero alargado, las cuales irán colocadas entre la cabeza del tornillo y la baranda. Tanto los tornillos como las tuercas y las arandelas deberán ser galvanizados conforme se indica en la especificación AASHTO M 232.

Los tornillos y las tuercas deberán igualar o exceder los requerimientos de la especificación ASTM A 307.

730.2.5 Amortiguadores de impacto, tenedores u otros aditamentos especiales

Estos elementos especiales, en caso de requerirse, serán objeto de una especificación particular.

730.3 EQUIPO

Se deberá disponer del equipo necesario para la correcta y oportuna ejecución de los trabajos especificados, incluyendo barras de acero, palas, llaves fijas o de expansión y pisones manuales.

730.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

730.4.1 Localización

Si los planos o el Interventor no lo indican de otra manera, los postes deberán ser colocados a una distancia mínima de noventa centímetros (90 cm) del borde de la capa de rodadura o del borde considerado en vías sin pavimentar y su separación centro a centro no excederá de tres metros y ochenta centímetros (3.80 m).

Los postes se deberán enterrar bajo la superficie aproximadamente un metro con veinte centímetros (1.20 m). En caso de que la fundación de los postes se efectúe sobre roca, se aceptará, de acuerdo a los planos del proyecto o por autorización del Interventor, la instalación de los postes con una placa de base anclada a la roca. Para esto, se conformará en la roca una superficie horizontal para que le dé cabida a la placa, se efectuarán las perforaciones en la roca para el anclaje de los pernos de sujeción, se afianzarán los pernos a ésta con adhesivos epóxicos y, finalmente, se colocarán los postes con sus placas y se procederá a su atornillado; todo este sistema de sujeción se deberá ejecutar de manera tal que se garantice un comportamiento similar al de los postes enterrados.

La defensa se fijará a los postes de manera que su línea central quede entre cuarenta y cinco centímetros (45 cm) y cincuenta y cinco centímetros (55 cm) por encima de la superficie de la calzada.

La longitud mínima de los tramos de defensa deberá ser de treinta metros (30 m), o la que se señale en los documentos del proyecto.

730.4.2 Excavación

En los sitios escogidos para enterrar los postes, se efectuarán excavaciones de sección transversal ligeramente mayor que la del poste,

las cuales se llevarán hasta la profundidad señalada en el numeral anterior.

730.4.3 Colocación del poste

El poste se colocará verticalmente dentro del orificio y el espacio entre él y las paredes de la excavación se rellenará con parte del mismo suelo excavado, en capas delgadas, cada una de las cuales se compactará cuidadosamente con pisones, de modo que al completar el relleno, el poste quede vertical y firmemente empotrado.

Se deberá nivelar la parte superior o sobresaliente de los postes, de manera tal que sus superficies superiores queden alineadas para que al adosar los tramos de defensa no se presenten altibajos en ésta.

730.4.4 Instalación de la defensa

La defensa se deberá ensamblar de acuerdo con los detalles de los planos y las instrucciones del fabricante de la lámina, cuidando que quede ubicada a la altura sobre el suelo establecida en el numeral 730.4.1.

730.4.5 Empalmes

Los empalmes de los diversos tramos de defensa se deberán efectuar de manera que brinden la suficiente rigidez estructural y que los traslapes queden en la dirección del movimiento del tránsito del carril adyacente.

La unión de las láminas se realizará con tornillos de las dimensiones fijadas en el numeral 730.2.4, teniendo la precaución de que su cabeza redonda se coloque en la cara de la defensa que enfrenta el tránsito.

730.4.6 Secciones final y de tope

En los extremos de las defensas metálicas se colocarán secciones terminales, las cuales serán tramos de tope (parachoques) en forma de U. Estas secciones se instalarán en defensas paralelas cuando finalizan en dos tramos y en defensas simples cuando se trata de tramos finales.

730.4.7 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá efectuar excavaciones ni instalar defensas metálicas en instantes de lluvia.

730.4.8 Manejo ambiental

Todas las determinaciones referentes a los trabajos de defensas metálicas deberán ser tomadas considerando la protección del medio ambiente y las disposiciones vigentes sobre el particular.

730.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**730.5.1 Controles**

Durante la ejecución de los trabajos se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento del equipo utilizado por el Constructor.
- Comprobar que los materiales utilizados cumplan las exigencias de la presente especificación.
- Verificar que la excavación sea correcta y que la defensa se instale de acuerdo con los planos y las instrucciones del fabricante de la lámina.

El Interventor medirá, para efectos de pago, las cantidades de obra correctamente ejecutadas.

730.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**730.5.2.1 Calidad de los materiales**

- El Interventor se abstendrá de aceptar materiales que incumplan las exigencias del numeral 730.2 de esta especificación y las de las especificaciones NTC, AASHTO y ASTM mencionadas en él.
- El terminado de la lámina galvanizada deberá ser de óptima calidad y razonablemente liso y estará exento de imperfecciones claramente apreciables a simple vista que puedan influir sobre la resistencia a la corrosión de la lámina. Por tanto, no se aceptarán secciones con defectos tales como ampollas, cenizas, rebabas o acumulaciones de zinc que puedan interferir con el

empleo específico del material galvanizado. Se admitirá el retoque de los defectos e imperfecciones del recubrimiento y la restauración de las zonas que hayan podido quedar sin cubrir durante la galvanización, siempre que estas zonas, consideradas individualmente, no tengan una superficie superior a 10 cm² ni afecten, en su conjunto, a más del 0.5 % de la superficie total del recubrimiento de cada elemento. Los bordes no cubiertos que resulten de corte o punzonado no se consideran objetables.

- El aspecto gris oscuro mate de la totalidad o de parte del recubrimiento de los elementos, así como las manchas que no sean eliminables por limpieza con un paño seco, será motivo de rechazo.
- El Interventor rechazará defensas alabeadas o deformadas.

730.5.2.2 Tolerancias

- No se admitirán láminas cuyo espesor sea inferior en más de veinticinco centésimas de milímetro (0.25 mm), en relación con los especificado para las defensas.
- No se admitirán tolerancias en relación con la altura a la cual debe quedar la línea central de la defensa, según se establece en el numeral 730.4.1.
- Los postes no se deberán desviar de la vertical en más de 10 mm.
- En relación con otras dimensiones, tales como la separación entre postes y la distancia de la defensa al borde del pavimento, queda a criterio del Interventor aceptar o no tolerancias.

Todas las deficiencias que excedan las tolerancias mencionadas deberán ser corregidas por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, y a plena satisfacción del Interventor.

730.6 MEDIDA

730.6.1 Defensas metálicas

La unidad de medida para las defensas metálicas instaladas será el metro lineal (m), aproximado al decímetro (dm), de acuerdo con los planos y con esta especificación y recibidas a satisfacción por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

La medida se efectuará a lo largo de la línea central de la defensa, entre los centros de los postes de fijación extremos.

730.6.2 Secciones final y de tope

Las secciones final y de tope se medirán por unidad (u), para cada clase especificada e instalada.

No se medirán defensas ni secciones final o de tope que se hayan instalado por fuera de los límites autorizados por el Interventor.

730.6.3 Amortiguadores de impacto, tenedores u otros aditamentos especiales

Estos elementos especiales se medirán por unidad (u), para cada tipo especificado e instalado.

730.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por toda defensa metálica suministrada e instalada a satisfacción del Interventor. El precio unitario deberá cubrir todos los costos de suministro, transporte, manejo, almacenamiento, desperdicios e instalación de los postes, láminas, secciones terminales y de amortiguación, y demás accesorios requeridos. Igualmente deberá considerar la excavación, el relleno, el cargue, el transporte y la disposición de los materiales sobrantes de ella. También se considerará la señalización preventiva de la vía durante la ejecución de los trabajos y, en general, todo costo adicional relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

Además, todos los precios unitarios deberán incluir la administración, los imprevistos y la utilidad del Constructor.

730.8 ÍTEM DE PAGO

730.1	Defensa metálica	Metro lineal (m)
730.2	Sección final	Unidad (u)
730.3	Sección de tope	Unidad (u)
730.4	Elemento especial tipo _____	Unidad (u)

Nota: Se deberá elaborar un sub-ítem para cada elemento especial incluido en el contrato para las defensas metálicas.

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

DEFENSAS DE CONCRETO**ARTÍCULO 731 – 13****731.1 DESCRIPCIÓN**

Este trabajo consiste en la fabricación, suministro, almacenamiento, transporte e instalación de defensas de concreto en tramos y en los sitios de la carretera indicados en los planos del proyecto o los establecidos por el Interventor.

731.2 MATERIALES

731.2.1 Concreto

Las defensas de concreto se elaborarán con un concreto que cumpla con lo señalado en el Artículo 630, “Concreto estructural”; el concreto tendrá una resistencia mínima a compresión de 28 MPa a los veintiocho (28) días.

731.2.2 Refuerzo

La armadura de refuerzo deberá cumplir con lo indicado en el Artículo 640, “Acero de Refuerzo”.

731.3 EQUIPO

En relación con el equipo requerido para preparar el concreto, se aplicará lo pertinente del numeral 630.3 del Artículo 630.

Se deberá disponer del equipo necesario para la correcta y oportuna ejecución de los trabajos especificados.

731.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

731.4.1 Localización

Las defensas se deberán instalar de acuerdo a los planos del proyecto o las indicaciones del Interventor, sin exceder las tolerancias indicadas en el numeral 731.5.2.2.

731.4.2 Preparación de la superficie de colocación

Los módulos se podrán instalar en forma individual, sobrepuestos sobre la capa de rodadura del pavimento, en los lados, en el medio, o en las bermas de la vía, asegurando que los módulos se enganchen entre sí.

En caso de que las defensas de concreto no se coloquen sobre la capa de rodadura del pavimento, éstas se apoyarán sobre una capa de veinte centímetros (20 cm) de espesor de hormigón, o un solado artificial o una capa estabilizada convenientemente compactada y nivelada, de tal forma que garantice que una vez colocada la defensa, el desnivel de la superficie superior de la misma, medida en la dirección del eje de la carretera, sea inferior a lo especificado en el numeral 731.5.2.2. La superficie de apoyo deberá ser firme, homogénea, uniforme y libre de protuberancias.

731.4.3 Fabricación y construcción de las defensas de concreto**731.4.3.1 Defensas en concreto fundidas in situ**

La fabricación de las defensas de concreto se hará de acuerdo con las partes pertinentes de los Artículos 630, "Concreto Estructural" y 640 "Acero de Refuerzo".

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, la barrera tendrá una armadura transversal conformada por varillas No. 3 u 8M espaciadas a 25 cm, que siguen el contorno de la sección recta de la barrera y por varillas longitudinales No. 4 o 12M en las caras superior e inferior y No. 3 o 8M en el centro de todas las caras.

Las juntas se deberán proveer según lo indiquen los planos del proyecto o como lo autorice el Interventor, pero sin exceder de tres metros (3 m).

A las defensas de concreto elaboradas in situ se les debe garantizar un correcto curado mediante el empleo de productos y procedimientos adecuados, según los numerales 630.2.5 y 630.4.15 del Artículo 630.

731.4.3.2 Defensas en concreto prefabricadas

Se podrán utilizar módulos hasta de tres metros (3 m) de largo, o de mayor longitud si así lo autoriza el Interventor. La sección transversal y demás detalles para el enganche y drenaje se ajustarán a las dimensiones definidas en los planos del proyecto y, en especial, en la norma ASTM C 825 "Standard Specification for Precast Concrete Barriers".

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, las barreras tendrán una armadura perimetral conformada por varillas No. 3 o 8M espaciadas a 25 cm, que siguen el contorno de la barrera y por varillas longitudinales No. 4 o 12M en las caras superior e inferior y No. 3 o 8M en el centro de todas las caras. Adicionalmente, se deberán poner dos barras longitudinales de acero en el centro de la barrera, de diámetro No. 4 o 12M, separadas 15 cm, en cuyos extremos se fijarán piezas soldadas para el enganche de las barreras.

731.4.3.3 Consideraciones adicionales

Para el inicio y el término de las barreras, se construirán módulos especiales de altura variable, con sus respectivas piezas de enganche si fuere del caso, de modo que la barrera disminuya paulatinamente su altura desde el borde superior hasta doscientos milímetros (200 mm), medidos sobre el piso, en dieciocho metros (18 m) de longitud. Cuando sea posible, estos tramos extremos serán además curvados. En el caso que la barrera sea corta para realizar la transición respectiva en dieciocho metros (18 m) ésta se realizará de forma gradual, en una menor longitud, hasta alcanzar la altura especificada.

Las barreras deberán tener perforaciones en su base que permitan el adecuado drenaje de las aguas superficiales de la calzada.

Adicionalmente, se podrán instalar captafaros, de acuerdo al Artículo 740, o pintar la barrera de acuerdo como lo especifica el "Manual de señalización vial", publicado por el Ministerio de Transporte de Colombia para marca de objetos

o aproximaciones a obstrucciones en el capítulo correspondiente a la señalización horizontal.

Las juntas deberán ser rellenadas con un material adecuado y aceptado por el interventor.

731.4.4 Manejo ambiental

Todas las determinaciones referentes a los trabajos de defensas de concreto deberán ser tomadas considerando la protección del medio ambiente y las disposiciones vigentes sobre el particular.

731.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

731.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento del equipo de construcción.
- Comprobar que los materiales utilizados cumplan las exigencias de la presente especificación.
- Verificar que la superficie de colocación sea correcta y que la defensa se construya e instale de acuerdo con los planos, esta especificación y las instrucciones del fabricante, en el caso de elementos prefabricados.

El Interventor medirá, para efectos de pago, las cantidades de obra correctamente ejecutadas.

731.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

731.5.2.1 Calidad de los materiales

En lo referente a la calidad del cemento, agua, agregados y eventuales aditivos y productos químicos de curado, aplicarán los requisitos establecidos en el Artículo 630, numerales 630.5.2.1, 630.5.2.2, 630.5.2.3 y 630.5.2.4.

En relación con la calidad de la mezcla, se aplicará lo descrito en el numeral 630.5.2.5 del mismo Artículo. Si las resistencias de los núcleos tomados de la obra ejecutada no resultasen satisfactorias, el Interventor rechazará el tramo representado por dichos núcleos y el Constructor deberá demoler la obra ejecutada, remover los escombros, cargarlos, transportarlos y depositarlos en sitios aprobados por el Interventor y proceder a reconstruir las defensas de concreto cumpliendo con lo indicado en el presente Artículo, sin que esto represente costo adicional alguno para el Instituto Nacional de Vías.

En relación con la calidad del acero para el refuerzo, se aplicarán los criterios del numeral 640.5.2.1 del Artículo 640.

731.5.2.2 Tolerancias en dimensiones

En relación con la calidad del producto terminado, no se aceptarán defensas de concreto que presenten desperfectos de alineamiento o cuya sección transversal presente variaciones, en ancho o altura, superiores a diez milímetros (10 mm), con respecto a lo señalado en los planos.

En alineamientos rectos o en curvas de radio superior a 300 m, la distancia entre las barreras y el eje del camino tendrá una tolerancia de ± 30 mm.

En curvas de radio igual o inferior a 300 m, la tolerancia para la distancia entre las barreras y el eje del camino será de ± 60 mm.

Todas las deficiencias que excedan las tolerancias mencionadas deberán ser corregidas por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías y a plena satisfacción del Interventor.

731.5.2.3 Calidad del producto terminado

Para el control de calidad de defensas fabricadas in situ, se considerará como lote el menor valor que resulte entre quinientos metros (500 m) y la fracción construida diariamente. El control de la regularidad de la superficie

superior de la barrera, medida en la dirección del eje de la carretera, se efectuará mediante una regla de tres metros (3 m) sobre la totalidad de la obra. No se admitirán desniveles superiores a cinco milímetros (5 mm), en más del treinta por ciento (30 %) del tramo tomado, ni de diez milímetros (10 mm) en ningún punto.

En barreras prefabricadas, se tomará un lote constituido por cinco (5) elementos cualesquiera, sobre los que se comprobará que las barreras no presenten rebabas que sean indicio de pérdidas graves de lechada, ni más de tres (3) hormigueros en una zona de diez decímetros cuadrados (10 dm²) de paramento, ni hormiguero alguno que deje a la vista las armaduras de refuerzo. Tampoco se deben presentar caras deterioradas en las que el concreto aparezca deslavado, ni señales de discontinuidad después de fundido el concreto. No se aceptarán barreras con fisuras de más de una décima de milímetro (0.1 mm) de ancho, o con fisuras de retracción de más de dos centímetros (2 cm) de longitud.

Todas las deficiencias que excedan las tolerancias de calidad del producto terminado deberán ser corregidas por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías y a plena satisfacción del Interventor.

731.6 MEDIDA

La unidad de medida será el metro lineal (m), aproximado al decímetro (dm), para toda defensa instalada de acuerdo con los planos y esta especificación, una vez que haya sido recibida a satisfacción por el Interventor. La medida se efectuará a lo largo de la línea central de la defensa. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

Cuando se indique en los planos del proyecto el uso de aditamentos especiales, la medida y pago se incluirá dentro del valor del metro lineal de defensa de concreto, de acuerdo a los planos del proyecto.

731.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por toda defensa de concreto suministrada e instalada a satisfacción del Interventor. El precio unitario deberá cubrir todos los costos de fabricación, suministro, transporte, manejo, almacenamiento, desperdicios e instalación de los materiales necesarios para la ejecución de los trabajos, el acero, el concreto, el material para las juntas, los aditamentos especiales y demás accesorios requeridos. También, incluirá la preparación de la superficie de colocación, el cargue, el transporte y la disposición de los materiales sobrantes de ella, la señalización preventiva de la vía durante la ejecución de los trabajos y, en general, todo costo adicional relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

731.8 ÍTEM DE PAGO

731.1 Defensa de concreto

Metro lineal (m)

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente
NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIA

CAPTAFAROS

ARTÍCULO 740 – 13

740.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro, almacenamiento, transporte e instalación de dispositivos destinados a la orientación del tránsito automotor en horas de la noche en las defensas metálicas de la vía o eventualmente en las defensas de concreto. Los captafaros se instalarán en los sitios y con las dimensiones que indiquen los documentos del proyecto o establezca el Interventor.

740.2 MATERIALES

El captafaro se fabricará en lámina de acero laminado en frío calibre 22, revestida con una capa de zinc (galvanizada) por ambas caras por inmersión en caliente, en una cuantía mínima de quinientos cincuenta gramos por metro cuadrado (550 g/m²), incluyendo ambas caras.

El captafaro llevará un tornillo con su respectiva tuerca, guasa y arandela, el cual permite su aseguramiento a la defensa metálica. Las caras exteriores deberán ir revestidas con lámina de material retrorreflectivo tipo III o de características superiores (ASTM D 4956), de color blanco o plata (o el indicado en los documentos del proyecto), la cual se adhiere al captafaro utilizando el autoadhesivo de este material. En el perímetro o bordes del reflectivo, se deberá aplicar un pegante epóxico de secado rápido para sellar la entrada de agua o evitar acciones vandálicas.

Las dimensiones, forma y características del captafaro se indicarán en los documentos del proyecto, teniendo como referencia los lineamientos exigidos por el "Manual de señalización vial", publicado por el Ministerio de Transporte de Colombia.

El uso de materiales diferentes al indicado en este numeral para la elaboración de los captafaros, requerirá la elaboración de una especificación particular.

740.3 EQUIPO

Para la instalación de este tipo de dispositivos en la defensa metálica, se requieren:

- Taladros

- Llaves fijas o de expansión para tornillos
- Equipo de soldadura

740.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

740.4.1 Instalación

Salvo que los planos o el Interventor establezcan algo en contrario, los captafaros se colocarán en la parte cóncava de la defensa metálica, separados de manera que exista, como mínimo, uno en cada poste de la defensa metálica, sin exceder una distancia de tres con ochenta metros (3.80 m) entre ellos; se sujetarán con el tornillo y se colocará un punto de soldadura a la tuerca para garantizar la fijación del elemento a la defensa metálica.

740.4.2 Manejo ambiental

Todas las determinaciones referentes a los trabajos de instalación de captafaros deberán ser tomadas considerando la protección del medio ambiente y las disposiciones vigentes sobre el particular.

740.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

740.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento del equipo utilizado por el Constructor.
- Comprobar que los materiales utilizados cumplan con las exigencias de la presente especificación.
- Verificar el cumplimiento de todas las medidas requeridas sobre seguridad y medio ambiente.
- Verificar que los trabajos se ejecuten de acuerdo con lo que establece el presente Artículo.

El Interventor contará, para efectos de pago, los captafaros correctamente elaborados e instalados.

740.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

El Interventor sólo aceptará los captafaros elaborados con materiales adecuados y con las dimensiones, forma y características indicados en los documentos del proyecto, y que hayan sido instalados conforme lo establece la presente especificación.

740.6 MEDIDA

Los captafaros se medirán por unidad (u) suministrada e instalada de acuerdo con los documentos del proyecto y la presente especificación, debidamente aceptada por el Interventor.

740.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por todo captafaro suministrado e instalado de acuerdo con esta especificación, a satisfacción del Interventor. El precio unitario deberá cubrir todos los costos de elaboración, suministro, transporte, almacenamiento, desperdicios e instalación del captafaro; el suministro e instalación de todos los elementos necesarios para asegurarlo a la defensa; la señalización preventiva de la vía durante la ejecución de los trabajos y, en general, todo costo adicional relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

740.8 ÍTEM DE PAGO

740.1 Captafaros

Unidad (u)

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIA

DELINEADORES DE CORONA

ARTÍCULO 741 – 13

741.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, manejo, almacenamiento, e instalación de los delineadores de corona (hitos de arista), en los sitios establecidos en los planos del proyecto o indicados por el Interventor.

El delineador de corona es un poste dotado de uno o varios elementos retrorreflectivos que se colocan verticalmente en las márgenes de la corona (calzada más berma) de una carretera. En este Artículo se dan las especificaciones del delineador de corona de sección en forma de "A".

741.2 MATERIALES

El delineador de corona se compone de tres partes:

- El poste
- La franja negra y el material retrorreflectivo
- Los elementos de anclaje

741.2.1 Poste

El poste del delineador deberá tener las dimensiones indicadas en el "Manual de Señalización Vial" vigente, publicado por el Ministerio de Transporte de Colombia. La altura del área retrorreflectiva del delineador de corona sobre el borde de la calzada puede variar entre 0.75 m y 1.20 m, de acuerdo con las indicaciones del citado manual; sin embargo, en las secciones de la vía en que se ubique el dispositivo, dicha altura debe ser la misma para cada delineador, con el objeto de garantizar una indicación de alineación uniforme.

La longitud total dependerá de lugar donde sea anclado.

El poste deberá ser de un material compuesto por una mezcla homogénea de homopolímeros de cloruro de polivinilo o poliéster reforzado con fibra

de vidrio, exento de plastificantes y con las adiciones necesarias para su estabilización frente a la acción de los rayos ultravioleta.

El poste será de color blanco, para lo cual la mezcla del material deberá tener un contenido de bióxido de titanio de cinco y media partes más o menos media parte (5.5 ± 0.5 partes) en masa por cien (100) partes de mezcla.

Las características del material de los postes de los delineadores de corona se relacionan en la Tabla 741 - 1.

En la parte posterior del poste deberá figurar la fecha de fabricación. Los postes deberán tener perforaciones para drenaje tal y como lo indican los esquemas explicativos del "Manual de Señalización Vial" publicado por el Ministerio de Transporte de Colombia.

Tabla 741 - 1. Características del material de los delineadores de corona

CARACTERÍSTICA	CONDICIÓN	NORMA DE ENSAYO	UNIDAD	REQUISITO
Densidad	23° C	UNE 53020	kg/m ³	≤ 1500
Temperatura Vicat	49 N	UNE 53118 ISO-R-306	° C	≥ 81
Dureza Shore	23° C	UNE 53150	-	85 ± 2
Absorción de agua	-	UNE 53026	mg/cm ²	< 4
Comportamiento al fuego	-	UNE 53315	-	Autoextingible
Resistencia a la tracción	23° C	UNE 53023	N/mm ²	> 45
Alargamiento a la rotura	23° C	UNE 53023	%	> 80
Choque Charpy	23° C	UNE 53021-81	kg/m	> 6
Choque Charpy	0° C	UNE 53021-81	kg/m	> 4
Comportamiento al calor	-	UNE 53112	%	< 5

741.2.2 Franja negra y material retrorreflectivo

La franja negra del delineador se realizará mediante una lámina adhesiva de vinilo pigmentado, que será flexible y resistente. Una vez adherida al poste, no deberá ser fácilmente removible, aún empleando agua o disolvente. Una forma práctica para determinar en el campo si la

adherencia entre el poste y la lámina de vinilo es buena, consiste en probar, a la temperatura ambiente, que es imposible despegar la lámina, pues ésta se parte antes de desprenderse del poste.

La franja negra deberá ser lo suficientemente opaca para ocultar completamente el contraste de una leyenda de letras negras sobre fondo blanco colocada sobre la lámina y tener la adherencia adecuada para evitar el levantamiento de sus bordes y daños a causa del frío o calor. No se deberá encoger más de cuatro décimas de milímetro (0.4 mm) y deberá soportar la intemperie durante un mínimo de siete (7) años, sin deterioros tales como agrietamientos, formación de escamas, delaminación o pérdida de adherencia.

La franja negra deberá tener una altura de veinticinco centímetros (25 cm) y se colocará a una distancia fija del extremo superior del delineador de diez y ocho centímetros (18 cm) e inclinada hacia el eje de la vía.

Sobre las franjas negras se deberán colocar los elementos esenciales del delineador, que son los dispositivos retrorreflectantes (láminas retrorreflectivas tipo III o de características superiores, según el "Manual de Señalización Vial" publicado por el Ministerio de Transporte de Colombia).

En el borde derecho, las láminas retrorreflectivas serán de color amarillo y tendrán una forma rectangular de diez y ocho centímetros de alto (18 cm) por cinco centímetros de ancho (5 cm). Este rectángulo se debe colocar centrado en la cara del delineador y sobre la lámina negra. En el borde izquierdo, las láminas retrorreflectivas serán de color blanco y de forma circular de seis centímetros (6 cm) de diámetro. Estos círculos se colocan sobre la banda negra, centrados en la cara del delineador y sus centros formarán una línea vertical, separados a una distancia de quince centímetros (15 cm).

El número que representará el hectómetro será del mismo material que la franja negra; se colocará en la cara visible del delineador de corona a setenta centímetros (70 cm) de su borde inferior y estará inscrito en un rectángulo de siete con cinco décimas de centímetro (7.5 cm) de alto y cuatro centímetros (4 cm) de ancho.

741.2.3 Elementos de anclaje

Para garantizar la fijación del delineador en el terreno, se deberá colocar una varilla de acero corrugado de media pulgada ($\frac{1}{2}$ ") de diámetro y de veinte centímetros (20 cm) de longitud. La varilla atravesará el delineador por los orificios de que dispone el poste. Estos orificios serán de un diámetro de uno y medio centímetro (1.5 cm) y estarán ubicados a veinticinco centímetros (25 cm) de la base del poste.

La varilla de anclaje deberá cumplir con lo indicado en el Artículo 640, "Acero de refuerzo".

Para el anclaje del poste se podrá emplear un concreto simple, de catorce megapascuales (14 MPa) de resistencia a la compresión a los veintiocho (28) días, de acuerdo a los requerimientos del Artículo 630, "Concreto estructural".

741.3 EQUIPO

Se deberá disponer de todos los equipos necesarios para la correcta y oportuna ejecución de los trabajos especificados además de los indicados en los Artículos 630 y 640 de las presentes especificaciones.

741.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**741.4.1 Criterios de localización**

El espaciamiento entre delineadores de corona varía según las características geométricas de la vía; se deberán seguir las indicaciones del "Manual de Señalización Vial" publicado por el Ministerio de Transporte de Colombia y lo establecido en los documentos técnicos del proyecto.

El delineador de corona, además de ser un elemento de guía para los conductores, es un indicador de los hectómetros del abscisado de la vía. Por tanto, su colocación se hará, en primer lugar, coincidiendo con los hectómetros de la vía en los sitios indicados por el proyecto o por el Interventor, dividiendo en diez partes iguales la distancia entre dos postes kilométricos sucesivos, inscribiendo en el lugar indicado, un número del 1 al 9, que indica el hectómetro de que se trata. No se colocarán delineadores coincidentes con los postes de kilometraje.

Todas las distancias entre los delineadores serán medidas a lo largo del eje de la vía. Una vez colocados todos los delineadores de corona hectométricos, se procederá, en los tramos en curva de la carretera, a colocar entre dos delineadores hectométricos sucesivos, un número determinado de delineadores de corona, número que será función del radio de la curva.

Los delineadores de corona colocados entre los hectómetros serán de iguales características que los ubicados en éstos, pero sin el número. Para lograr la máxima uniformidad posible en la instalación de estos delineadores, se seguirá el criterio de determinar para cada curva cuál es su radio y disponer en el hectómetro o hectómetros que abarcan la curva, el número de delineadores adecuado.

Para obtener una transición de delineadores intermedios desde los delineadores hectométricos que forman parte de cualquier curva a los que hacen parte de un tramo continuo recto o a una curva con radio mayor de setecientos metros (700 m), se implementarán transiciones de acuerdo las indicaciones del "Manual de Señalización Vial" publicado por el Ministerio de Transporte de Colombia y lo establecido en los documentos técnicos del proyecto.

En curvas enlazadas, se implementarán los delineadores intermedios que correspondan a cada una de las curvas según su radio y en los hectómetros intermedios se irán espaciando de acuerdo con el criterio del párrafo anterior.

Sin embargo, puede ocurrir que, por la diferencia de radios y por la proximidad de las curvas, si se empieza a aumentar la separación desde la curva de menor radio, se llegue a la de mayor radio con una separación menor o mayor a la que le correspondería por su propio radio. En este caso, se adoptará la solución que suponga el mayor número de delineadores intermedios.

La disposición de los delineadores de corona será la misma por el interior y por el exterior de la curva, colocándolos enfrentados en el mismo radio. Sin embargo, en donde la curva tenga radio inferior a cien metros (100 m), en su interior sólo se colocarán la mitad de los delineadores.

741.4.2 Instalación y anclaje de los delineadores de corona

La instalación de los delineadores de corona se realizará siguiendo los criterios del numeral anterior, donde indiquen los planos o el Interventor.

El anclaje al terreno se realizará efectuando una excavación de no menos de cincuenta centímetros (50 cm) y unas dimensiones en planta en forma cilíndrica de treinta centímetros (30 cm) de diámetro que permitan fijar en su centro el anclaje, garantizando que el delineador de corona quede un metro y 5 centímetros (1.05 m) sobre el pavimento.

Una vez colocado el elemento e instalada la varilla de anclaje correctamente, atravesando los orificios destinados para este fin, se rellenará la excavación con concreto que cumpla los requisitos especificados en el numeral 741.2.3.

La colocación del delineador deberá garantizar que el ángulo formado por una de sus caras y el plano perpendicular al eje de la vía sea lo más aproximado a quince grados sexagesimales (15°). Es importante que este ángulo sea el indicado, ya que de ello depende la intensidad reflectiva que percibe el conductor. Se deberá utilizar una plantilla que permita medir este ángulo. La altura del delineador de corona se controlará con la marca vial del borde más próximo.

Es primordial que exista uniformidad en la colocación de los delineadores de corona y en la altura a la que quede la banda negra. Todos los delineadores instalados en un tramo deben presentar una línea aproximadamente uniforme.

La intensidad de la luz reflejada en un delineador depende, en parte, de la altura a la que se coloquen los dispositivos retrorreflectantes y, por lo tanto, de la altura a que se coloque la franja negra. En consecuencia, se deberá tener especial cuidado de que la franja negra quede a diez y ocho centímetros (18 cm) del extremo superior, ya que de este modo se aumenta la eficacia de los dispositivos retrorreflectantes.

Donde el delineador de corona coincida con una barrera de seguridad, éste se sujetará a la barrera mediante una pieza metálica. En caso necesario se recortará el delineador.

Es necesario que la puesta en obra garantice que el delineador permanezca vertical en todo momento; para esto, se deberá garantizar un buen trabajo en el anclaje del delineador de corona.

741.4.3 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la colocación de delineadores de corona en instantes de lluvia, ni cuando haya agua retenida en la excavación o el fondo de ésta se encuentre demasiado húmedo, a juicio del Interventor.

Toda agua retenida en la excavación deberá ser retirada por el Constructor antes de colocar el poste y su anclaje.

741.4.4 Limpieza final

Se deberá asegurar la limpieza del sitio de obra, retirando todo material sobrante de los trabajos.

741.4.5 Manejo ambiental

Todas las determinaciones referentes a los trabajos de elaboración e instalación de delineadores de corona deberán ser tomadas considerando la protección del medio ambiente y las disposiciones vigentes sobre el particular.

741.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

741.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles:

- Verificar el estado y el funcionamiento del equipo empleado por el Constructor.
- Comprobar que todos los materiales empleados satisfagan las exigencias de la presente especificación
- Verificar que los delineadores de corona tengan las dimensiones correctas, tanto en espesores como en longitudes, así como la colocación de las láminas retrorreflectivas y bandas negras y que su

instalación esté conforme con los planos y las exigencias de esta especificación.

El Interventor contará, para efectos de pago, los delineadores de corona correctamente elaborados e instalados.

741.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

741.5.2.1 Calidad de los materiales

El Interventor no admitirá tolerancias en relación con los requisitos establecidos en el numeral 741.2 para los diversos materiales que conforman los postes y su anclaje.

Para garantizar la calidad del material del delineador de corona (cloruro de polivinilo), se deberán comprobar las características descritas en este Artículo. Los ensayos para cuantificar el valor de las características anteriores se realizará en muestras elegidas aleatoriamente de acuerdo con las reglas de muestreo para la inspección por atributos (norma UNE 66-020-88).

Se deberán realizar ensayos a los elementos retrorreflectivos que se adhieren al delineador. A estos materiales se le aplicarán las técnicas de los ensayos contenidos en la norma técnica colombiana NTC- 4739.

Independientemente de los ensayos que se realicen durante la ejecución del proyecto, el Constructor deberá entregar al Interventor el certificado del proveedor de los materiales en el que soporta el cumplimiento de las normas citadas en esta especificación, con una duración mínima de siete años (7 años), sin que aparezcan deterioros tales como agrietamientos, formación de escamas o pérdida de adherencia.

741.5.2.2 Instalación y anclaje de los delineadores de corona

Los delineadores de corona sólo serán aceptados por el Interventor si su instalación está en todo de acuerdo con lo que se indica en el numeral 741.4.2, teniéndose especial cuidado en la verificación de su verticalidad.

741.5.2.3 Dimensiones del delineador de corona

No se admitirán delineadores de corona cuyas dimensiones excedan en más de un centímetro (1 cm) a las establecidas en este Artículo o a las indicadas en el "Manual de Señalización Vial" publicado por el Ministerio de Transporte de Colombia.

Todas las deficiencias que excedan las tolerancias mencionadas, deberán ser corregidas por el Constructor, a satisfacción del Interventor y sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

741.5.2.4 Controles adicionales

Es muy importante que entre las láminas y el poste no se presente ninguna burbuja de aire visible a simple vista. Cuando esto ocurra, el Interventor rechazará el delineador.

Es conveniente controlar el peso del delineador. Un delineador de corona de sección en forma de "A", de una longitud de un metro con cincuenta y cinco centímetros (1.55 metros) deberá pesar un kilogramo y cuatrocientos cincuenta gramos (1.45 kg), aproximadamente.

741.6 MEDIDA

Los delineadores de corona se medirán por unidad (u) instalada de acuerdo con los documentos del proyecto y la presente especificación, debidamente aceptada por el Interventor.

741.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato por todo delineador de corona instalado a satisfacción del Interventor. El precio unitario deberá cubrir todos los costos de materiales, fabricación, manejo, almacenamiento, desperdicios y transporte del delineador de corona hasta el sitio de instalación; la excavación, la varilla y el concreto para el anclaje, la limpieza final de los sitios de trabajo; cargue, transporte y disposición en los sitios que defina el Interventor de los materiales excavados y desechos en general; la instalación del delineador de corona; la

señalización preventiva de la vía y, en general, todo costo adicional requerido para la correcta ejecución del trabajo especificado.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

741.8 ÍTEM DE PAGO

741.1 Delineador de corona

Unidad (u)

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

CAPÍTULO 8 – OBRAS VARIAS

ART. 800	CERCAS DE ALAMBRE
ART. 802	PODA DE ÁRBOLES
ART. 810	PROTECCIÓN VEGETAL DE TALUDES
ART. 811	PROTECCIÓN DE TALUDES CON PRODUCTOS ENROLLADOS PARA CONTROL DE EROSIÓN
ART. 812	RECUBRIMIENTO DE TALUDES CON MALLA Y MORTERO
ART. 820	PLANTACIÓN DE ÁRBOLES

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIA

CERCAS DE ALAMBRE

ARTÍCULO 800 – 13

800.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro de materiales y la construcción de cercas de alambre con postes de madera o de concreto, en los sitios indicados en los planos del proyecto o definidos por el Interventor.

Se usarán los tipos de cerca, de postes y de tirantes establecidos en los documentos del proyecto.

800.2 MATERIALES

800.2.1 Postes

Los postes para las cercas de alambre podrán ser de madera o de concreto. El material que los conforme será el indicado en los planos del proyecto.

800.2.1.1 Postes de madera

La madera para la elaboración de los postes podrá ser de cualquier especie que sea recomendable para este uso y que sea de poca dificultad para su obtención en el área del proyecto. Su explotación y uso sólo se permitirán cuando se disponga de las licencias respectivas.

Su sección transversal podrá ser circular o cuadrada y deberán estar hechos con madera sana, curada, descortezada y con los extremos cortados en la forma exigida en los planos. Los postes serán rectos y con todos los nudos recortados a ras de la superficie. Sólo se aceptarán postes con grietas y rajaduras, si ellas son superficiales y no alcanzan un quinto ($1/5$) de la menor dimensión de la pieza y si se presentan en sus extremos y no perjudican la resistencia y solidez de los mismos.

Las clases de maderas por emplear y las dimensiones de las piezas serán las indicadas en los planos, teniendo como referencia que su dimensión transversal mínima (diámetro o lado) deberá ser de cien milímetros (100 mm). En cuanto a su longitud, si no existe una señalada por los documentos del proyecto, se tomará como mínimo dos punto tres metros (2.3 m).

Los postes se deberán tratar con algún procedimiento y producto preservativo; el tipo de tratamiento se deberá ajustar a lo indicado en los documentos del proyecto o a lo que autorice el Interventor.

El tratamiento de la zona del poste de madera que quede en contacto directo con el suelo deberá garantizar su impermeabilidad o evitar la transferencia del agua del suelo al elemento.

800.2.1.2 Postes de concreto

Los postes de concreto serán prefabricados y contruidos con concreto reforzado de resistencia mínima a compresión de veintiún megapascuales (21 MPa) o doscientos diez kilogramos por centímetro cuadrado (210 kg/cm²), a los veintiocho (28) días.

La armadura estará constituida por cuatro (4) varillas de mínimo seis milímetros (6 mm) de diámetro, más estribos cada doscientos milímetros (200 mm).

La sección transversal mínima será de cien por cien milímetros (100 mm x 100 mm) y las longitudes mínimas serán de dos metros y medio (2.50 m) para postes de línea y tres metros (3.00 m) para postes esquineros.

Las perforaciones de los postes deberán tener amplitud suficiente para permitir el libre paso del alambre o deberán disponer de aditamentos adosados para tal fin.

800.2.2 Alambre**800.2.2.1 Alambre de púas galvanizado**

El alambre de púas galvanizado deberá cumplir con las norma NTC 195 “Alambre de púas de dos hilos de acero galvanizado”, con las características especificadas en los documentos del proyecto.

Si en los documentos del proyecto no se especifican las características del alambre, aplicarán las indicadas en la Tabla 800 – 1.

Tabla 800 – 1. Características del alambre de púas

CARACTERÍSTICA	REQUISITO
Calibre del alambre BWG	12.5
Distancia entre púas, mm	125
No. Puntas en cada grupo	4
Calibre de las púas BWG	14

800.2.2.2 Malla galvanizada para cerca

En cercas que contemplen el uso de malla de alambre tejido, ésta deberá estar constituida por siete (7) alambres horizontales de calibre 12.5, excepto el superior y el inferior, que serán de calibre 10. Los alambres verticales, los cuales se colocarán separados ciento cincuenta milímetros (150 mm), serán de calibre 12.5. Si los documentos del proyecto lo prevén, se podrá emplear otro tipo de malla disponible en el mercado.

800.2.3 Alambre de arriostramiento

Será dulce, liso y galvanizado, de calibre 9.

800.2.4 Grapas

Las grapas para sujetar el alambre a los postes de madera deberán tener, cuando menos, cuarenta milímetros (40 mm) de longitud y el alambre del cual estén hechas deberá ser galvanizado de acuerdo a los requisitos de la norma ASTM A 121.

800.3 EQUIPOS

El Constructor deberá disponer de los equipos y herramientas necesarios para asegurar que la construcción de las cercas de alambre tenga la calidad exigida, garantizando el cumplimiento del programa de ejecución de los trabajos.

800.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

800.4.1 Replanteo

Antes de comenzar los trabajos, se hará el replanteo topográfico de la línea de la cerca, la cual deberá seguir los contornos de la superficie del terreno.

800.4.2 Preparación de la superficie

El Constructor deberá desmontar y limpiar el área requerida para la construcción de la cerca, la cual tendrá un ancho mínimo de un metro (1.00 m) a cada lado del emplazamiento previsto para ésta.

Sin embargo, si en el área de desmonte y limpieza existieran árboles u otras especies vegetales valiosas que pudieran ser de interés conservar, el Constructor informará esta situación al Interventor y solicitará su autorización para desplazar la línea de la cerca en esa zona. El corrimiento se deberá realizar desplazando el mínimo número de postes que sea necesario, dejando un quiebre brusco en la línea de cercos. No se deberán efectuar desplazamientos graduales para salvar el obstáculo.

800.4.3 Excavación

Una vez el terreno esté limpio, se procederá a efectuar las excavaciones en los sitios definidos para la instalación de los postes. La excavación tendrá una sección transversal ligeramente mayor que la del poste y su profundidad mínima será de setenta centímetros (0.70 m) para los postes en línea y un metro (1.00 m) para los esquineros.

Si los planos no indican otra cosa, los postes se ubicarán a intervalos de tres metros (3.00 m); en cualquier caso se aceptará una tolerancia de más o menos cinco por ciento ($\pm 5\%$).

En los lugares que requieran interrupciones de la cerca o en intersecciones con cercas existentes, se deberá efectuar un ajuste en el espaciamiento, variándolo gradualmente, si se requiere, para que exista concordancia con los requisitos de la cerca que se cruza.

800.4.4 Instalación de los postes

Todos los postes se colocarán verticalmente con el alineamiento y la rasante establecidos en los documentos del proyecto.

Los postes esquineros se deberán arriostrar diagonalmente hacia los postes de las líneas adyacentes.

Los postes se deberán colocar verticalmente, aceptándose, como máximo, una desviación de cincuenta milímetros (50 mm) respecto de la vertical.

No se aceptará el hincado como sistema de instalación de postes.

800.4.5 Relleno de la excavación

Una vez colocado cada poste, el espacio entre él y las paredes de la excavación se rellenará con material de la misma excavación, en capas compactadas de tal forma que se garantice el perfecto empotramiento de la pieza.

800.4.6 Colocación del alambre

Los alambres se unirán firmemente a los postes en las alturas señaladas, horizontales, paralelos y estirados uniformemente.

Los tensores verticales de la malla de alambre se mantendrán rectos en posición vertical.

En los postes terminales, los alambres de púas o la malla de alambre se fijarán horizontalmente por lo menos en tres (3) puntos y las puntas sueltas del alambre se anudarán, doblándolas y apretándolas.

Se permitirán empates en los alambres horizontales si se hacen con mordazas galvanizadas de tornillo o entrelazando los alambres en una longitud mínima de setenta y cinco milímetros (75 mm) a cada lado del punto de unión, con un mínimo de seis (6) vueltas dadas en dirección contraria sobre cada lado, cortando perfectamente las puntas sobrantes.

Las cercas de malla de alambre se empalmarán únicamente en los postes.

800.4.7 Remoción de cercas antiguas

Siempre que la cerca que se construya esté reemplazando una cerca antigua, los trabajos se desarrollarán de manera que el reemplazo se haga de manera inmediata y garantizando que al final de la jornada de trabajo la cerca nueva y la antigua no retirada queden unidas. Los huecos resultantes de la remoción de la cerca antigua serán rellenados con materiales aceptables para el Interventor, debidamente compactados.

800.4.8 Limpieza

Terminados los trabajos, el Constructor deberá remover y disponer todos los materiales sobrantes, en lugares aprobados por el Interventor.

800.4.9 Aspectos de seguridad eléctrica

En las zonas en que sobre la cerca cruce una línea de transmisión, de distribución de energía eléctrica o cables secundarios, se deberán instalar conexiones a tierra que satisfagan los requisitos sobre seguridad de instalaciones eléctricas.

Se deberán garantizar las distancias mínimas de seguridad de cables eléctricos a cercas según la legislación vigente al respecto.

800.4.10 Manejo ambiental

Todas las determinaciones referentes a los trabajos de cercas de alambre deberán ser tomadas considerando la protección del medio ambiente y las disposiciones vigentes sobre el particular, en especial las referentes a la explotación y procesamiento de la madera, cuando corresponda.

El material vegetal removido de la faja donde se instalará la cerca deberá ser esparcido o dispuesto en un sitio aprobado, por cuanto su quema no está permitida.

800.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

800.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento del equipo empleado por el Constructor.
- Comprobar que los materiales cumplan con los requisitos de calidad establecidos en el numeral 800.2.
- Verificar el cumplimiento de todas las medidas requeridas sobre seguridad y medio ambiente.
- Verificar que la cerca se coloque de acuerdo con los alineamientos indicados en los planos.
- Comprobar que los trabajos se ajusten a las exigencias de esta especificación.

El Interventor medirá, para efectos de pago, la cantidad de obra correctamente ejecutada.

800.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

800.5.2.1 Calidad de los materiales

El Interventor no admitirá tolerancias en relación con los requisitos establecidos en el numeral 800.2 para los diversos materiales que conforman la cerca de alambre.

800.5.2.2 Alineamiento

Ningún poste se podrá alejar en más de cien milímetros (100 mm) de la posición establecida por los planos o la indicada por el Interventor.

800.5.2.3 Dimensiones

- Las dimensiones de los postes no podrán ser inferiores a las establecidas en este Artículo o en los documentos del proyecto.

- La altura de la malla de alambre no podrá ser inferior a la indicada en los planos.
- El espacio libre vertical entre hilos de alambre no podrá variar, en relación con el indicado en los planos, en más de cinco milímetros (5 mm).

Todas las deficiencias que excedan las tolerancias mencionadas, deberán ser corregidas por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías y a plena satisfacción del Interventor.

800.6 MEDIDA

La unidad de medida de las cercas de alambre será el metro lineal (m), aproximado al entero, de cerca instalada de acuerdo con los planos del proyecto y esta especificación, a plena satisfacción del Interventor. La medida se realizará desde las caras exteriores de los postes terminales o de esquina, en toda la longitud en que la cerca se haya colocado debidamente. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se medirá ninguna cerca que el Constructor haya colocado por fuera de los límites establecidos por el proyecto o autorizados por el Interventor.

800.7 FORMA DE PAGO

El pago de las cercas de alambre se hará al respectivo precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado de acuerdo con esta especificación y aceptado a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir todos los costos correspondientes al suministro de materiales, desmonte y limpieza del área de colocación de la cerca, replanteo, excavaciones de los orificios para la instalación de los postes, colocación de éstos, anclaje cuando sea requerido, relleno y compactación de los espacios aledaños a los postes nuevos, colocación de todos los alambres, mallas y conexiones a tierra requeridos; limpieza final del área de trabajo; desperdicios; transporte y disposición apropiada de los materiales sobrantes y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del trabajo especificado.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

La remoción de cercas existentes se pagará conforme se establece en el Artículo 201.

800.8 ÍTEM DE PAGO

800.1	Cerca de alambre de púas con postes de madera	Metro lineal (m)
800.2	Cerca de alambre de púas con postes de concreto	Metro lineal (m)
800.3	Cerca de malla con postes de madera	Metro lineal (m)
800.4	Cerca de malla con postes de concreto	Metro lineal (m)

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente
NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

PODA DE ÁRBOLES

ARTÍCULO 802 – 13

802.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en cortar secciones de la parte aérea o radicular de los árboles indicados en los documentos del proyecto o determinados por el Interventor.

La poda de la parte aérea consiste principalmente en el corte de ramas y eventualmente del tronco del árbol. La poda de la parte radicular consiste en el corte de las raíces principales y secundarias; incluye las excavaciones y rellenos necesarios para realizar esta actividad.

Para efectos de esta especificación, se establecen 4 tipos de árboles en función de su altura, como se indica en la Tabla 802 - 1.

Tabla 802 – 1. Tipos de árbol para poda en función de su altura

TIPO DE ÁRBOL	ALTURA, m
Tipo I	> 20.0
Tipo II	10.1 a 20.0
Tipo III	5.0 a 10.0
Tipo IV	< 5.0

802.2 MATERIALES

802.2.1 Material para relleno de las excavaciones para poda de la parte radicular

El material de relleno de las excavaciones requeridas para la poda de la parte radicular será el indicado en los documentos del proyecto; podrá ser el material de excavación, tierra orgánica suministrada para tal fin, o una mezcla de ambos. En cualquiera de los casos, los documentos pueden indicar la necesidad de añadir fertilizantes, abonos (humus de lombriz de tierra, cascarilla de arroz u otros), insecticidas u otros componentes al material de relleno.

La tierra orgánica podrá provenir de áreas localizadas fuera del proyecto o, preferiblemente, del descapote del proyecto. Consistirá en un suelo de origen superficial, con contenido orgánico, libre de piedras, ramas, restos vegetales de gran calibre, escombros, desperdicios no degradables y cualquier otro elemento extraño y nocivo para los fines de la plantación de árboles.

802.2.2 Fertilizantes, abonos e insecticidas

Se deberán emplear los fertilizantes, abonos e insecticidas adecuados para cada especie vegetal, según lo establezcan los documentos técnicos del proyecto. Pueden ser órgano-minerales o minerales, y deberán aportar los macro nutrientes y micro nutrientes esenciales.

802.2.3 Cicatrizantes

Se deberán emplear los cicatrizantes hormonales indicados en los documentos técnicos del proyecto; en general, los cicatrizantes deberán tener como base un fungicida que sea impermeable al agua y permeable al aire.

802.2.4 Agua para riego

El agua deberá estar limpia, sin elementos extraños ni suciedad evidente, y deberá estar libre de contaminaciones químicas. No es necesario que el agua sea potable.

802.3 EQUIPO

El Constructor deberá disponer de los equipos y herramientas necesarios para asegurar que los trabajos de poda de árboles tengan la calidad exigida y se garantice el cumplimiento de su programa de ejecución. Así mismo, deberá disponer de todos los dispositivos y/o elementos relativos a la seguridad de esta actividad, tanto para los trabajadores que intervienen en ésta como para la protección de las áreas aledañas y/o cercanas a la poda.

El Constructor deberá disponer de herramientas tales como escaleras, tijeras de podar, serruchos, moto sierra si es el caso, palas, picas, rastrillos, azadones, horcas, ganchos para formar surcos, y todos los demás elementos que sean necesarios para ejecutar correctamente los trabajos especificados.

Se podrá requerir un vehículo apropiado para manejo de alturas.

802.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

802.4.1 Aspectos generales

La ejecución de los trabajos de poda de árboles se hará siguiendo las indicaciones y los procedimientos definidos de los documentos del proyecto y aprobados del plan de ejecución, teniendo en cuenta los lineamientos establecidos en la Guía de Manejo Ambiental del Proyectos de Infraestructura – Sector Vial, del Instituto Nacional de Vías, y por entidades especializadas como el Jardín Botánico de Bogotá.

La poda de ramas, raíces y, eventualmente, partes del troco, se deberá realizar por medio de tijeras para podar, serruchos o moto sierra, dependiendo de su grosor. No se deberá emplear machete.

Se deberá aplicar el cicatrizante de forma inmediata en los cortes limpios realizados.

802.4.2 Supervisión técnica

Para la planeación y la dirección de los trabajos de poda de árboles, el Constructor deberá tener dentro de su equipo un profesional del área forestal con experiencia en este tipo de trabajos. El plan de ejecución de la poda de árboles y todos los informes de seguimiento de estos trabajos deberán ser firmados por este profesional, junto con el director de obra del Constructor.

802.4.3 Planeación y seguimiento

Antes de iniciar los trabajos de poda de árboles, el Constructor deberá presentar el plan detallado de ejecución de los trabajos que incluya un inventario y la localización de los árboles por podar y los procedimientos detallados de ejecución. Este plan de ejecución de los trabajos deberá contar, previa y obligatoriamente, con el permiso y/o salvoconducto de la autoridad ambiental competente; deberá contar, también, con la aprobación del Interventor y atender sus indicaciones.

El plan de ejecución deberá incluir un sistema de evaluación y seguimiento que permita verificar el desarrollo de la actividad.

Durante la ejecución de los trabajos de poda de árboles, se deberán realizar visitas que, en lo posible, cuenten con la participación de la autoridad ambiental competente, siendo obligatoria la presencia del profesional en ingeniería forestal citado en el numeral 802.4.2.

El Constructor, por intermedio de su especialista forestal y su director de obra, deberá elaborar y suscribir los informes de estas visitas, en los cuales se deberán incluir fichas de seguimiento con el respectivo registro fotográfico.

A la terminación del proyecto, el Constructor deberá presentar un informe final de la actividad de poda de árboles, elaborado y suscrito por su especialista forestal y el director de obra.

802.4.4 Poda de la parte aérea

Las ramas delgadas, de menos de 1 cm de diámetro, se pueden cortar en una sola operación, con tijeras de podar.

Las ramas más gruesas se deberán cortar con serrucho o moto sierra, en varios pasos; se deberá realizar primero un corte por debajo de cada rama, luego otro por encima hasta que la rama se desprenda.

802.4.5 Poda de la parte radicular

Para la poda de las raíces, se deberá realizar una excavación alrededor del árbol, de unos 0.70 m de ancho, hasta una profundidad tal que ya no se encuentren raíces de diámetro superior a 12 mm. El diámetro de la excavación dependerá del diámetro de la parte radicular por podar.

Una vez se hayan cortado las raíces y aplicado el cicatrizante, se efectuará el relleno de la excavación, usando los materiales indicados en el numeral 802.2.1.

Al día siguiente de terminar la poda de la parte radicular y el relleno correspondiente, se aplicará riego; esta operación se repetirá cuantas veces sea necesario, de acuerdo con el plan de ejecución aprobado y las indicaciones del Interventor.

802.4.6 Limpieza y disposición de sobrantes

Todos los materiales sobrantes deberán ser retirados y dispuestos en los sitios señalados en los documentos del proyecto o indicados por el Interventor.

802.4.7 Manejo ambiental

Todas las determinaciones referentes a los trabajos de poda de árboles deberán ser tomadas considerando la protección del medio ambiente y las disposiciones vigentes sobre el particular.

En especial, se debe tener en cuenta que, para poder ejecutar la actividad de poda de árboles, se deberán haber adelantado previamente los trámites requeridos ante la autoridad ambiental competente para obtener los respectivos permisos; también, que la actividad se deberá adelantar bajo las directrices ambientales que, para estos fines, se encuentren vigentes, llevando a cabo los seguimientos y elaborando los informes solicitados en los numerales 802.4.2 y 802.4.3.

802.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

802.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar que los árboles podados sean los inventariados para esta actividad.
- Verificar la calidad de los insumos, de acuerdo con los requisitos establecidos en el numeral 802.2.
- Verificar el correcto retiro y disposición del material sobrante.
- Verificar el cumplimiento de todas las medidas ambientales y de seguridad requeridas.

El Interventor medirá, para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado.

El Interventor verificará que el Constructor disponga de todos los permisos requeridos y que cuente con los planes de ejecución, ajustados a la legislación ambiental vigente, antes de iniciar las labores de poda de árboles; así mismo, verificará el cumplimiento y la entrega de los informes solicitados en los numerales 802.4.2 y 802.4.3.

802.5.2 Condiciones específicas para el recibo

Los trabajos de poda de árboles serán recibidos si cumplen con las condiciones funcionales, paisajísticas y técnicas contempladas en los documentos del proyecto, si los insumos empleados cumplen los requisitos de calidad correspondientes y si el área objeto de poda se encuentre libre del material sobrante.

802.6 MEDIDA

La unidad de medida de la poda de árboles será la unidad (u) de árbol podado de acuerdo con los documentos del proyecto y las indicaciones del Interventor, a plena satisfacción de éste.

No se medirá, para efectos de pago, la poda que requieran los árboles que vayan a ser trasladados.

802.7 FORMA DE PAGO

El pago de la poda de árboles se hará al respectivo precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado de acuerdo con esta especificación y aceptado a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir todos los costos de personal, suministros, equipos y herramientas; el suministro y la aplicación de cicatrizantes, tierra orgánica, fertilizantes, abonos, insecticidas y demás materiales requeridos; la aplicación de agua para riego; el retiro y disposición de sobrantes; la limpieza final; los desperdicios y el manejo adecuado de ellos; las labores de supervisión técnica y de planeación y seguimiento a que se hace referencia en los numerales 802.4.2 y 804.4.3, respectivamente; la excavación y relleno de la misma, en el caso de la poda de la parte radicular y, en general, todo costo adicional relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

802.8 ÍTEM DE PAGO

802.1 Poda de la parte aérea de árboles tipo I	Unidad (u)
802.2 Poda de la parte aérea de árboles tipo II	Unidad (u)
802.3 Poda de la parte aérea de árboles tipo III	Unidad (u)
802.4 Poda de la parte aérea de árboles tipo IV	Unidad (u)
802.5 Poda de la parte radicular de árboles tipo I	Unidad (u)
802.6 Poda de la parte radicular de árboles tipo II	Unidad (u)
802.7 Poda de la parte radicular de árboles tipo III	Unidad (u)
802.8 Poda de la parte radicular de árboles tipo IV	Unidad (u)

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

PROTECCIÓN VEGETAL DE TALUDES

ARTÍCULO 810 – 13

810.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la protección de taludes de terraplenes, excavaciones y otras áreas del proyecto, en los sitios indicados en los planos o determinados por el Interventor, empleando materiales vegetales. El trabajo incluye, además, la conservación de las áreas tratadas hasta el recibo definitivo de los trabajos.

El presente Artículo se refiere a las siguientes opciones de protección:

- Trasplante de césped
- Colocación de tierra orgánica (material vegetal)
- Hidrosiembra controlada

Los documentos del proyecto o el pliego de condiciones indicarán el tipo de tratamiento por aplicar en cada caso específico.

810.2 MATERIALES

810.2.1 Bloques de césped

Los bloques de césped para la empedización serán de forma aproximadamente rectangular y dimensiones regulares; provendrán de cultivos tecnificados, a no ser que hayan sido obtenidos del descapote durante las operaciones de la excavación de la explanación descritas en el Artículo 210 de las presentes especificaciones. No se aceptarán bloques de césped que hayan sido obtenidos de terrenos que se vean afectados por el retiro de esta protección vegetal. Se deberá informar a la autoridad ambiental sobre su procedencia y se deberá contar con el correspondiente aval para su empleo.

Los bloques deberán tener las raíces del pasto sanas y adheridas a la capa de tierra orgánica.

810.2.2 Tierra orgánica

La tierra orgánica deberá provenir de áreas localizadas fuera del proyecto o, preferiblemente, del descapote del proyecto. Se deberá informar a la autoridad ambiental sobre su procedencia y se deberá contar con el correspondiente aval para su empleo.

La tierra orgánica consistirá en un suelo de origen superficial, con contenido orgánico, libre de piedras, ramas, restos vegetales de gran calibre, escombros, desperdicios no degradables y cualquier otro elemento extraño y nocivo para los fines de la protección.

810.2.3 Materiales para protección con hidrosiembra**810.2.3.1 Semillas**

Se utilizarán semillas de pastos o de especies propias de la zona o que se adapten con facilidad a ella, de las características indicadas en los documentos del proyecto u otras propuestas por el Constructor y autorizadas por el Interventor y que, en conjunto, aseguren la cobertura vegetal del talud en forma permanente.

Toda partida de semillas que se utilice deberá venir empacada y debidamente etiquetada por el proveedor.

Las semillas y sus proporciones serán las señaladas en los documentos del proyecto y dependerán del lugar y del tipo de terreno donde se colocarán. Las semillas a emplear deberán cumplir con una germinación mínima de 80 % y un 95% de pureza, lo que deberá ser certificado por un laboratorio o una institución competente. A este efecto, será válida la certificación externa que entregue el proveedor de las semillas. Las dosificaciones mínimas indicadas se referirán a semillas en estado seco o de almacenamiento.

810.2.3.2 Fibra o mulch hidráulico

Se utilizará un producto específico para hidrosiembra, ya sea de fibra de madera, celulosa, o una combinación de ambos, en las dosis que el fabricante indique y que sea el establecido

en los documentos del proyecto o aceptado por el Interventor.

810.2.3.3 Fijador o aglomerante estabilizador

Se utilizarán dos clases de adherentes, cuya función será la de mantener unidas las fibras de mulch con las semillas a la superficie por tratar y un floculante que haga el efecto dispersante en la solución.

La formulación para el aglomerante estabilizador deberá estar de acuerdo con las dosis establecidas por los fabricantes y será la definida en los documentos del proyecto.

810.2.3.4 Agua de mezcla para la hidrosiembra

No es necesario que el agua para la mezcla sea potable. Sólo tiene que ser agua limpia, no contaminada químicamente, sin elementos extraños ni suciedad evidente, que cumpla con las recomendaciones del fabricante de acuerdo al tipo de siembra.

810.2.4 Fertilizantes e insecticidas

Se deberán emplear los fertilizantes e insecticidas adecuados para cada tipo de tratamiento, según lo establezcan los documentos técnicos del proyecto. Los fertilizantes a emplear deberán aportar los elementos necesarios para el desarrollo de las especies sembradas. Pueden ser órgano-minerales o minerales, y deberán aportar los macro nutrientes y micro nutrientes esenciales para un buen establecimiento y óptimo desarrollo de la vegetación.

810.2.5 Agua para riego

Cualquiera sea el tipo de tratamiento de protección que se emplee, el agua para riego deberá tener las características descritas en el numeral 810.2.3.4 para el agua para hidrosiembra.

810.3 EQUIPO

El Constructor deberá disponer de los equipos y herramientas necesarios para asegurar que los trabajos de protección de los taludes tengan la calidad exigida y se garantice el cumplimiento de su programa de ejecución.

En particular, el equipo requerido para la hidrosiembra deberá estar compuesto por agitadores hidráulicos y/o mecánicos que sean capaces de mantener la solución en emulsión constante y proyectarla vía aspersión sobre el terreno desnudo.

Los elementos para la aplicación de los riegos periódicos deberán ser de tipo aspersor u otros similares que apliquen el agua en forma de lluvia fina.

El Constructor deberá disponer, además, de las herramientas, rastrillos, azadones, horcas, ganchos para formar surcos, cuerdas, cinturones de seguridad, cascos, estacas, palas, balanzas, envases calibrados y todos los demás elementos que sean necesarios para ejecutar correctamente los trabajos especificados.

810.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

810.4.1 Momento para la colocación de la protección del talud

La protección vegetal de los taludes se realizará lo más pronto posible, después que cada uno de los cortes o terraplenes esté terminado en su fase de movimiento de tierras. Si esto ocurre en época seca, la protección del talud se podrá aplazar, según lo permita el cronograma de trabajo y lo apruebe el Interventor, para el siguiente período de lluvias y se programará teniendo en cuenta el desarrollo de una protección vegetal aceptable al inicio de la temporada seca.

No obstante lo anterior, el Constructor deberá sembrar en cualquier época, si así lo exigen el plazo de ejecución de las obras o el Interventor, y deberá realizar los riegos necesarios con el fin de mantener la humedad adecuada para una buena germinación y la consecuente eficacia de la protección.

810.4.2 Preparación de la superficie existente

El Interventor sólo autorizará la ejecución de los trabajos si la superficie por proteger presenta la uniformidad requerida para garantizar el éxito de ellos. Si la superficie presenta irregularidades que excedan las tolerancias

determinadas en las especificaciones respectivas, de acuerdo con lo prescrito en las unidades de obra correspondientes, el Constructor hará las correcciones previas, a satisfacción del Interventor.

Los taludes por tratar deberán tener un adecuado encauce de las aguas, debido a las lluvias que se pudieran presentar durante la instalación y que pudieran causar daños al trabajo, los cuales, en caso de que se produzcan, deberán ser reparados por Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Adicionalmente, se deberá realizar una limpieza previa para evitar todo material suelto o susceptible de caer sobre la zona que se va a proteger.

Si el talud no cuenta con la rugosidad adecuada para la colocación de la protección, se deberá conformar mediante un procedimiento adecuado, como rastrillado paralelo a la horizontal o formación de surcos convenientemente espaciados de acuerdo con la dureza del terreno (15 cm a 40 cm).

Utilizando herramientas manuales, el Constructor corregirá los surcos verticales y otras marcas inconvenientes. Se deberá considerar la preparación de surcos horizontales como complemento al escarificado y como una forma de mejorar el desempeño del riego, en el caso de la hidrosiembra.

En el tratamiento por hidrosiembra, se podrá soltar o descompactar una delgada capa de suelo (no mayor de 5 cm), con el fin de facilitar el enterramiento de las semillas y el enraizamiento inicial. En caso de que se detecten derrames de material sin compactar, zonas de baja densidad o superficies con excesiva pendiente, no se deberán ejecutar trabajos de siembra hasta solucionar las deficiencias del talud. La solución deberá ser propuesta por el Constructor y ejecutada cuando cuente con la aprobación del Interventor.

Se deberá tratar de conservar la vegetación espontánea que pueda existir en el talud, salvo que sea perjudicial para la colocación de la protección específica. Si se considera necesario, se deberá segar o cortar la vegetación espontánea. Este corte se realizará cuando la altura de la vegetación alcance o sobrepase los treinta centímetros (30 cm).

Los residuos vegetales de la siega o del corte se deberán retirar cuando constituyan una capa perjudicial para la buena repartición de la protección sobre el terreno.

810.4.3 Protección mediante trasplante de césped

Sobre la superficie preparada se aplicará fertilizante del tipo y en la cantidad que lo indiquen los documentos del proyecto y, a continuación, se extenderán los bloques de césped haciéndolos casar en la mejor forma posible, evitando traslajos y vacíos y buscando que los extremos del área empradizada empalmen armónicamente con el terreno natural adyacente.

En las uniones de los bloques se colocará tierra orgánica. Una vez plantada la superficie, se deberá regar de manera abundante y, en lo sucesivo, diariamente sin limitación o de acuerdo a las indicaciones del Interventor, y se apisonará con frecuencia con un cilindro manual, con el fin de emparejarla y detectar las irregularidades, la cuales deberán ser corregidas por el Constructor, a satisfacción del Interventor.

810.4.4 Protección del talud con tierra orgánica (material vegetal)

Luego de la fase de preparación, se esparcirá en forma uniforme el suelo vegetal produciendo una cobertura de veinte a cincuenta centímetros (20 a 50 cm) de espesor, según se señale en los documentos del proyecto, sobre el talud por proteger. Este proceso se realizará manualmente.

Para disminuir el potencial de erosión, puede ser necesaria una compactación manual de esta capa. Para mejorar su adherencia con la superficie del talud, éste se debe humedecer o escarificar superficialmente antes de recibir el material de protección.

El nivel de fertilización dependerá de un análisis del suelo del terreno, el cual se deberá realizar antes de la puesta en marcha de la obra. Si no se ha especificado en los documentos del proyecto, el tipo de fertilizante lo determinará el Constructor a través de su especialista. Este fertilizante deberá contar con la aprobación del Interventor.

El tratamiento con tierra orgánica se empleará, de preferencia, en la protección de taludes de terraplenes.

810.4.5 Protección mediante hidrosiembra controlada

Tras el trabajo de preparación de la superficie, se procederá inmediatamente a la hidrosiembra que, en una o dos pasadas, deberá aportar todos los elementos al suelo: semillas, fertilizantes, mulch y adherente.

Un buen resultado dependerá de que no llueva durante el lapso que transcurra entre el término de la preparación del suelo y el inicio de la hidrosiembra. Si la lluvia ocurre, se deberá repetir el proceso.

El riego de instalación se hará uniformemente en toda la superficie. La dosificación de la boquilla deberá ser del tipo lluvia fina para no producir daños o erosión.

810.4.6 Fertilización

En todos los casos, se deberá considerar al menos una fertilización principal y una de mantenimiento. La fertilización principal se realizará junto con la siembra de la superficie. Los materiales y dosificaciones se señalarán en los documentos del proyecto. Durante el proceso de crecimiento, se completará la fertilización según requerimiento del Interventor. Los niveles anteriores serán considerados como mínimos. Las fertilizaciones se podrán realizar en conjunto con los riegos de agua a las protecciones instaladas.

810.4.7 Riego y conservación

El riego se realizará exclusivamente por el método de aspersión u otro similar, siempre que resulte en forma de lluvia fina.

El riego se aplicará a partir del día siguiente de la colocación de la protección y no habrá límite en cuanto a su frecuencia. Solamente se deberá cuidar de no provocar escurrimiento superficial, para lo cual se deberán efectuar pasadas rápidas, lanzando el agua desde prudente distancia y hacia arriba, de forma tal que las gotas pierdan su energía. De preferencia, se regará temprano en la mañana y al atardecer.

La frecuencia de los riegos dependerá tanto de las condiciones climáticas como del sistema de protección utilizado y del estado de la cubierta vegetal y deberá ser suficiente para asegurar, junto con las fertilizaciones,

que durante todo el proceso se presenten los niveles adecuados de germinación y desarrollo de las plantas.

Adicionalmente, se requerirá de poda en caso que la vegetación sobrepase la corona de la vía, obstruya algún dispositivo de drenaje o impida una adecuada visibilidad en la vía. Esta actividad se realizará siempre que sea necesario, a juicio del Interventor, y en forma permanente hasta el recibo definitivo de los trabajos.

810.4.8 Manejo ambiental

Todas las determinaciones referentes a los trabajos de protección vegetal de taludes deberán ser tomadas considerando la protección del medio ambiente y las disposiciones vigentes sobre el particular.

Se deberá poner especial cuidado a los insumos utilizados para la hidrosiembra, así como a los fertilizantes e insecticidas utilizados en el trabajo y al tratamiento de las zonas de las cuales se extraigan los bloques de césped cuando se vaya a emplear este sistema de protección.

No se aceptará el uso de especies transgénicas sin aprobación del Interventor y sin la autorización de las autoridades ambientales competentes.

810.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

810.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento del equipo utilizado por el Constructor.
- Comprobar que los materiales cumplan los requisitos de calidad exigidos en el inciso que corresponda del numeral 810.2, según el tipo de protección por utilizar.
- Verificar que el trabajo se ejecute de acuerdo con los documentos del proyecto y las exigencias del presente Artículo.

- Verificar el cumplimiento de todas las medidas ambientales y de seguridad requeridas.
- Vigilar que se efectúe un mantenimiento adecuado del área protegida hasta su recibo definitivo.

El Interventor medirá, para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado.

810.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

El Interventor no recibirá los trabajos antes de noventa (90) días de concluidos los trabajos de protección. En el momento del recibo definitivo, el área protegida no podrá presentar irregularidades o desperfectos y se deberá encontrar podada a satisfacción del Interventor, cuando se hayan presentado las circunstancias citadas en el numeral 810.4.7.

En caso de que no haya germinación de las semillas en terrenos aptos para sostener vegetación en forma permanente y, por lo tanto, no quede garantizada la cobertura vegetal especificada, el Constructor deberá repetir los procesos de sembrado para recuperar los sectores sin prendimiento, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Si por cualquier circunstancia el prendimiento de la primera siembra fuese deficiente a juicio del Interventor, o se produjesen daños de cualquier origen, se procederá a resembrar. El proceso de resiembra se repetirá las veces que sea necesario en las áreas que lo requieran y, de acuerdo a las necesidades, podrá ser parcial aportando sólo las especies cuyo prendimiento fue negativo, si el Interventor así lo autoriza. No se considerará pago adicional por los procesos de resiembra.

810.6 MEDIDA

La unidad de medida de la protección vegetal de taludes será el metro cuadrado (m^2), aproximado al entero, de área protegida de acuerdo con los documentos del proyecto y las indicaciones del Interventor, a plena satisfacción de éste. La medida se hará sobre la proyección inclinada de la superficie del talud.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se incluirán en la medida áreas con protección vegetal por fuera de los límites autorizados por el Interventor.

810.7 FORMA DE PAGO

El pago de la protección vegetal del talud se hará al respectivo precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado de acuerdo con esta especificación y aceptado a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir todos los costos de preparación de la superficie existente, salvo que dicha labor forme parte de otra partida de trabajo del mismo contrato; el suministro en el lugar y la colocación de todos los materiales requeridos para la protección; la compactación de la superficie tratada cuando corresponda; el riego y la poda periódicos del área tratada; el suministro y la aplicación de fertilizantes, insecticidas y demás materiales requeridos para la conservación del área protegida hasta su recibo definitivo; los desperdicios y el manejo adecuado de ellos y, en general, todo costo adicional relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

810.8 ÍTEM DE PAGO

810.1 Protección de taludes con bloques de césped	Metro cuadrado (m ²)
810.2 Protección de taludes con tierra orgánica	Metro cuadrado (m ²)
810.3 Protección de taludes con hidrosiembra controlada	Metro cuadrado (m ²)

PROTECCIÓN DE TALUDES CON PRODUCTOS ENROLLADOS PARA CONTROL DE EROSIÓN

ARTÍCULO 811 – 13

811.1 DESCRIPCIÓN

Esta especificación se refiere al uso e instalación de sistemas para control de erosión que faciliten el establecimiento de la vegetación natural en taludes o laderas geotécnicamente estables, con el objetivo de controlar el proceso erosivo. Considera la instalación de productos enrollados para control de erosión (PECE).

811.1.1 Definiciones

Producto enrollado para control de erosión (PECE): Es un material fabricado en rollos y diseñado para reducir la erosión del suelo y ayudar en el crecimiento, el asentamiento y la protección de la vegetación. Los productos enrollados para control de erosión podrán tener el carácter de temporales o permanentes.

Producto enrollado temporal para control de erosión; Para aplicaciones donde la vegetación natural (por sí sola) provee suficiente protección contra la erosión. Los productos que se utilizan en estos casos tienen la duración y las propiedades necesarias para establecer la vegetación a corto plazo bajo las condiciones naturales del sitio.

Producto enrollado permanente para control de erosión: Para aplicaciones donde la vegetación natural (por sí sola) no es suficiente para resistir las condiciones de flujo y no provee la protección suficiente para la erosión a largo plazo. Los productos que se emplean en estos casos tienen las propiedades necesarias para reforzar la vegetación bajo las condiciones del sitio a largo plazo.

Los productos enrollados para control de erosión podrán ser de los siguientes tipos:

- Textil de tejido abierto (TTA): es un PECE temporal integrado por hilos naturales o sintéticos, tejidos dentro de una matriz bidimensional, utilizado para brindar control de erosión y facilitar el establecimiento de la vegetación.

- Manto para control de erosión (MCE): Es un PECE temporal, degradable, compuesto de fibras naturales o sintéticas unidas mecánica, estructural o químicamente, para formar una matriz continua que provee control de erosión y facilita el establecimiento de vegetación.
- Manto para refuerzo de la vegetación (MRV): Es un PECE permanente, compuesto por fibras sintéticas no degradables estabilizadas UV, hilos y/o filamentos procesados en matrices de refuerzo tridimensionales, diseñadas para aplicaciones hidráulicas críticas en donde las descargas proyectadas excedan las velocidades y los esfuerzos cortantes soportados por la vegetación natural. Los MRV deben tener el espesor, la resistencia y los vacíos suficientes para retener partículas de suelo y permitir el desarrollo de la vegetación a través de la matriz.

811.2 MATERIALES

811.2.1 Productos enrollados temporales para control de erosión

En la Tabla 811 – 1 se indican los productos enrollados temporales para control de erosión que se podrán ser suministrados. La descripción y el campo de utilización de los productos especificados se indican a continuación.

- Tipo 1A. Red para control de paja de degradación ultra rápida. Consistente en una malla sintética fotodegradable de rápida degradación o una red tejida de fibras naturales, biodegradable, con una longevidad funcional típica de tres (3) meses y diseñada para uso en taludes o laderas geotécnicamente estables, con inclinaciones hasta de 5H:1V.
- Tipo 1B. Manto para control de erosión sin red de degradación ultra rápida. Provee un manto para control de erosión compuesto de fibras sintéticas o naturales de rápida degradación, trabadas mecánicamente o adheridas químicamente para formar una matriz continua con una longevidad funcional típica de tres (3) meses y diseñada para ser usada en taludes y laderas geotécnicamente estables, con inclinaciones hasta de 4H:1V.

- Tipo 1C. Textil de tejido abierto y manto para control de erosión de red simple y degradación ultra rápida. Podrá ser uno cualquiera de los siguientes materiales: (1) manto para control de erosión compuesto de fibras naturales o sintéticas degradables, mecánicamente unidas por una red de fibras naturales o sintéticas de rápida degradación para formar una matriz continua; o (2) un textil de tejido abierto compuesto de hilos poliméricos o naturales de rápida degradación, formando una matriz continua. El material deberá tener una longevidad funcional típica de tres (3) meses y estará diseñado para ser utilizado en taludes o laderas geotécnicamente estables con inclinaciones hasta de 3H:1V.
- Tipo 1D. Manto para control de erosión de red doble y degradación ultra rápida. Provee un manto para control de erosión compuesto de fibras naturales o sintéticas mecánicamente unidas entre dos redes de fibras naturales o sintéticas de rápida degradación, formando una matriz continua, con una longevidad funcional típica de tres (3) meses y diseñado para ser utilizado en taludes o laderas geotécnicamente estables con inclinaciones de hasta 2H:1V.
- Tipo 2A. Red para control de paja de corto plazo. Consiste en una red sintética fotodegradable o una red tejida de fibras naturales biodegradables con una longevidad funcional típica de doce (12) meses y diseñada para ser utilizada en taludes o laderas geotécnicamente estables con inclinaciones hasta de 5H : 1V.
- Tipo 2B. Manto para control de erosión de corto plazo sin red. Provee un manto para control de erosión compuesto por fibras naturales o sintéticas degradables trabadas mecánicamente o adheridas químicamente para formar una matriz continua con una longevidad funcional típica de doce (12) meses y diseñado para ser utilizado en taludes o laderas geotécnicamente estables con inclinaciones hasta de 4H:1V.
- Tipo 2C. Textil de tejido abierto o manto para control de erosión de red simple de corta duración. Se deberá suministrar uno de los dos materiales que se describen a continuación: (1) un manto para control de erosión compuesto por fibras degradables naturales o sintéticas procesadas mecánicamente para mantenerlas unidas por una red simple sintética degradable o de fibras naturales para formar una matriz continua; (2) un textil de tejido abierto compuesto por hilos naturales o poliméricos en una matriz continua. El material deberá

tener una longevidad funcional típica de doce (12) meses y estar diseñado para trabajar en taludes o laderas geotécnicamente estables con inclinaciones inferiores a 3H:1V.

- Tipo 2D. Manto para control de erosión de red doble de corta duración. Se deberá suministrar un manto para control de erosión compuesto por fibras degradables, naturales o sintéticas, procesadas mecánicamente para mantenerlas unidas entre dos redes sintéticas degradables o de fibras naturales para formar una matriz continua con una longevidad funcional típica de doce meses y estar diseñado para trabajar en taludes o laderas geotécnicamente estables con inclinaciones inferiores a 2H:1V.
- Tipo 3A. Red para control de paja de plazo extendido. Provee una red para control de paja consistente en una red sintética de degradación lenta o una red tejida de fibras naturales con una longevidad funcional típica de veinticuatro (24) meses y diseñada para ser utilizada en taludes o laderas geotécnicamente estables con inclinaciones hasta de 5H:1V.
- Tipo 3B. Textil de tejido abierto o manto para control de erosión de plazo extendido: Se deberá suministrar uno de los dos materiales que se describen a continuación: (1) un manto para control de erosión compuesto por fibras de degradación lenta, naturales o sintéticas, procesadas mecánicamente para mantenerlas unidas entre dos redes sintéticas de degradación lenta o de fibras naturales para formar una matriz continua; (2) un textil de tejido abierto compuesto por hilos naturales o poliméricos de degradación lenta en una matriz continua. El material deberá tener una longevidad funcional típica de veinticuatro (24) meses y estar diseñado para trabajar en taludes o laderas geotécnicamente estables con inclinaciones inferiores a 1.5H:1V.
- Tipo 4. Textil de tejido abierto o manto para control de erosión de largo plazo. Se deberá suministrar uno de los dos materiales que se describen a continuación: (1) un manto para control de erosión compuesto por fibras de degradación lenta, naturales o sintéticas, procesadas mecánicamente para mantenerlas unidas entre dos redes sintéticas de degradación lenta o de fibras naturales para formar una matriz continua; (2) un textil de tejido abierto compuesto por hilos naturales o poliméricos de degradación lenta en una matriz continua. El material deberá tener una longevidad funcional típica de treinta y

seis (36) meses y estar diseñado para trabajar en taludes o laderas geotécnicamente estables con inclinaciones de hasta 1H:1V.

El límite máximo para mantos temporales, en términos de longitud del talud, deberá ser establecido en los documentos del proyecto; en general, no deberá ser mayor que quince (15) metros; para longitudes mayores, la aplicación del manto deberá venir acompañada de un diseño especializado. La longitud se refiere a la longitud inclinada del talud, para taludes continuos; cuando el talud presente terrazas, la longitud se refiere a la longitud inclinada entre terrazas. En estos casos, los documentos del proyecto podrían indicar la necesidad de colocar productos enrollados permanentes para control de erosión, especificados en el numeral 811.2.2, aún para aplicaciones temporales.

811.2.2 Productos enrollados permanentes para control de erosión

En la Tabla 811 – 2 se indican los productos enrollados permanentes para control de erosión que podrán suministrarse. La descripción y el campo de utilización de los productos especificados se indican a continuación.

- Tipo 5A, 5B y 5C. Manto para refuerzo de la vegetación permanente. Se deberá suministrar un manto no degradable para refuerzo de césped con suficiente espesor, resistencia y espacios vacíos para una protección permanente de erosión y refuerzo de vegetación en taludes o laderas geotécnicamente estables con inclinaciones no superiores a 0.5H:1V.
- Tipo 5D. Manto para refuerzo de la vegetación permanente. Se deberá suministrar un manto no degradable, ciento por ciento (100%) constituido por fibras sintéticas, para refuerzo de la vegetación con suficiente espesor, resistencia y espacios vacíos para una protección permanente de erosión y refuerzo de vegetación en taludes o laderas geotécnicamente estables. Esta categoría debe ser usada especialmente cuando en el sitio existen condiciones con cargas altas y/o requerimientos de supervivencia altos, para cualquier inclinación de talud, incluso para inclinaciones mayores a 0.5H:1V.

811.3 EQUIPO

El Constructor deberá disponer de los equipos y herramientas necesarios para asegurar que los trabajos de protección de los taludes y laderas tengan la calidad exigida y se garantice el cumplimiento de su programa de ejecución.

Tabla 811 – 1. Especificaciones de productos enrollados temporales para control de erosión

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO ASTM	TIPO DE PRODUCTO ENROLLADO PARA CONTROL DE EROSIÓN										
		Muy corto plazo				Corto plazo				Plazo extendido		Largo Plazo
		1A <i>(Nota 2)</i>	1B	1C	1D	2A <i>(Nota 2)</i>	2B	2C	2D	2A <i>(Nota 2)</i>	3B	4
Para taludes y canales												
Longevidad funcional <i>(Nota 1)</i>	No aplica	3 meses				12 meses				24 meses		36 meses
Resistencia mínima la tensión, kN/m <i>(Nota 3)</i>	D 5035 Modificado por ECTC	0.073	0.073	0.73	1.09	0.073	0.073	0.73	1.09	0.36	1.45	1.82
Para taludes												
Inclinación máxima (H:V)	No aplica	5:1	4:1	3:1	2:1	5:1	4:1	3:1	2:1	5:1	1.5:1	1:1
Valor máximo del factor “C” para la inclinación máxima (H:V) <i>(Nota 4)</i>	D 6459 u otros ensayos independientes <i>(Nota 7)</i>	0.10 (5:1)	0.10 (4:1)	0.15 (3:1)	0.20 (2:1)	0.10 (5:1)	0.10 (4:1)	0.15 (3:1)	0.20 (2:1)	0.10 (5:1)	0.25 (1.5:1)	0.25 (1:1)
Para canales												
Resistencia mínima a esfuerzo cortante , Pa <i>(Nota 5 y 6)</i>	D 6460 u otros ensayos independientes <i>(Nota 7)</i>	12	24	72	84	12	24	72	84	12	96	108

Nota 1: La longevidad funcional es solo una guía. La longevidad funcional podrá variar de acuerdo a las condiciones climáticas y microbiológicas del sitio del proyecto.

Nota 2: Las determinaciones del factor "C" y de la resistencia al corte se llevarán a cabo en conjunto con la paja pre-aplicada.

Nota 3: Los valores numéricos de la tabla corresponden a valores VMPR en la dirección principal. Indican el Valor Mínimo Promedio por Rollo, calculado como el valor típico menos dos veces la desviación estándar. Estadísticamente, corresponde al 97.7 % de probabilidad de confianza, es decir, cualquier muestra tomada durante una prueba de garantía de calidad, excederá el valor divulgado.

Nota 4: Factor “C”, calculado como la tasa de pérdida de suelo con un manto para control de erosión que esté protegiendo un suelo (ensayado al gradiente especificado o mayor, H:V) con respecto a la tasa de la pérdida de suelo sin protección modelado en un ensayo a gran escala.

Nota 5: La resistencia mínima a esfuerzo cortante que podrá soportar el producto (sin vegetación) sin presentar daño físico o erosión excesiva (pérdida de suelo mayor a 12.7 milímetros) durante una prueba de flujo por 30 minutos a escala real.

Nota 6: Los niveles de esfuerzo cortante admisibles establecidos para cada categoría están basados en experiencias históricas con productos caracterizados por valores del coeficiente de rugosidad de Manning en un rango de 0.01 a 0.05.

Nota 7: Se pueden aceptar otros métodos de ensayo con pruebas a gran escala, según lo establezcan los documentos del proyecto o lo considere el Interventor.

Nota 8: Para la determinación de todas las propiedades, deberán tenerse en cuenta, además, directrices que sobre las pruebas y método de ensayo establece el ECTC (Erosion Control Technology Council).

Los elementos para la aplicación de los riegos periódicos deberán ser de tipo aspersor u otros similares que apliquen el agua en forma de lluvia fina.

El Constructor deberá disponer, además, de las herramientas, rastrillos, azadones, horcas, ganchos para formar surcos, cuerdas, cinturones de seguridad, cascos, estacas, palas, balanzas, envases calibrados y todos los demás elementos que sean necesarios para ejecutar correctamente los trabajos especificados.

Tabla 811 – 2. Especificaciones de productos enrollados permanentes para control de erosión
 (Mantos para refuerzo de la vegetación MRV)

PROPIEDAD <i>(Nota 1)</i>	NORMA DE ENSAYO ASTM	TIPO DE PRODUCTO ENROLLADO PARA CONTROL DE EROSIÓN			
		5A	5B	5C	5D
Para taludes y canales					
Resistencia mínima a la tensión, kN/m <i>(Nota 2)</i>	D 6818	1.82	2.19	2.55	44.0
Estabilidad UV, % mínimo de resistencia retenida	D 4355	80% @ 500 horas			90% @ 1000 horas
Espesor mínimo, mm	D 6525	6.35			
Para canales					
Resistencia mínima a esfuerzo cortante, Pa <i>(Nota 3)</i>	D 6460 u otros ensayos independientes <i>(Nota 4)</i>	288	384	480	575

Nota 1: Para mantos de refuerzo de la vegetación (MRV) que contengan componentes degradables, las propiedades deben ser medidas únicamente sobre el componente no degradable.

Nota 2: Los valores numéricos de la tabla corresponden a valores VMPPR en la dirección principal. Indican el Valor Mínimo Promedio por Rollo, calculado como el valor típico menos dos veces la desviación estándar. Estadísticamente, corresponde al 97.7 % de probabilidad de confianza, es decir, cualquier muestra tomada durante una prueba de garantía de calidad, excederá el valor divulgado.

Nota 3: Resistencia mínima a esfuerzo cortante con vegetación totalmente establecida que deberá soportar el producto sin presentar daño físico o erosión excesiva (pérdida de suelo > 12.7 mm) durante una prueba de flujo por treinta (30) minutos a escala real.

Nota 4: Se pueden aceptar otros métodos de ensayo con pruebas a gran escala, según lo establezcan los documentos del proyecto o lo considere el Interventor.

Nota 5: Para la determinación de todas las propiedades, deberán tenerse en cuenta, además, directrices que sobre las pruebas y método de ensayo establece el ECTC (Erosion Control Technology Council).

811.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

811.4.1 Preparación de la superficie existente

Rige lo que resulte pertinente del numeral 810.4.2 del Artículo 810 “Protección vegetal de taludes”. En especial, es necesario verificar si el suelo del sitio a revegetalizar posee las condiciones necesarias; es decir, si el talud posee una capa de suelo orgánico que garantice la germinación de las semillas y el sostenimiento de la vegetación a largo plazo. En caso de no presentar las condiciones necesarias, se recomienda la colocación de una capa superficial de suelo y, junto con ella, mezclar los fertilizantes, las semillas y los hidrorretenedores necesarios.

Si el suelo posee las condiciones necesarias para la germinación de las semillas, se deberá proceder como se indica a continuación:

- Remover todas las rocas, raíces, vegetación o cualquier tipo de obstrucción que pueda evitar el contacto del manto con la superficie del suelo.
- Nivelar el área de sembrado de las semillas según el alineamiento y la pendiente establecidos en los documentos del proyecto.
- Preparar el suelo donde se van a sembrar las semillas, escarificando entre cincuenta y setenta y cinco milímetros (50 mm a 75 mm) de profundidad en el área ya preparada.
- Con el fin de evitar derrumbes desde la cima del talud y la infiltración de agua de escorrentía entre el suelo del talud y el manto para control de erosión, el extremo superior del rollo del manto se deberá enterrar en una zanja excavada únicamente con dicho propósito, asegurando el manto al extremo superior de la zanja en forma de doble faz y fijándolo al terreno con tres (3) ganchos por metro lineal, después de lo cual se tapará la zanja. La zanja de anclaje deberá ser de quince por quince centímetros (15 x 15 cm) y deberá quedar a una distancia entre sesenta y noventa centímetros (60 cm a 90 cm), medida desde la corona del talud.

811.4.2 Instalación del manto para control de erosión

Una vez preparada la superficie, la instalación se deberá hacer en los siguientes pasos:

- Colocar el rollo a una distancia entre sesenta y noventa centímetros (60 cm a 90 cm) de la corona del talud, asegurarlo en la zanja con los dispositivos de anclaje y rellenar y compactar con el material proveniente de la excavación o según lo indique el Interventor.
- Desenrollar el manto hacia abajo del talud, traslapando siete con cinco centímetros (7.5 cm), como mínimo, los rollos adyacentes. Extender el material libremente, manteniendo contacto directo con la superficie del talud o la ladera. En el traslape se colocará una hilera de ganchos separados entre sí una distancia no mayor de cincuenta centímetros (50 cm).
- Asegurar el manto al talud con dispositivos de anclaje, con la frecuencia que se indica en la Tabla 811-3.

Tabla 811 – 3. Frecuencia de los dispositivos de anclaje

PENDIENTE DEL TALUD (INCLINACIÓN)	FRECUENCIA DEL ANCLAJE (Nota 1)
Hasta 3H:1V	1.35 anclajes/metro cuadrado
3H:1V a 2H:1V	2 anclajes/metro cuadrado
2H:1V a 1H:1V	2 a 4.1 anclajes/metro cuadrado
Mayor a 1H:1V	4.1 anclajes/metro cuadrado

Nota 1: Por indicación del Interventor se podrá modificar la frecuencia del anclaje.

Como dispositivos de anclaje para la fijación del manto, se podrán utilizar elementos tipo gancho en “U”, metálicos, de ocho milímetros (8 mm) de diámetro, de 20 x 10 x 20 cm para terrenos blandos y 15 x 5 x 15 cm para terrenos duros. Los ganchos se deberán colocar en un ángulo aproximado de 30° con respecto a la superficie del talud y en el sentido de la pendiente.

A discreción del Interventor, se podrá rellenar un MRV cuando éste se encuentre diseñado para tal fin, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Después de sembrar, se deberá esparcir sobre el manto, rastrillando ligeramente, de doce a veinte centímetros (12 cm a 20 cm) de tierra fina para llenarlo completamente.

- Esparcir semillas adicionales sobre el manto relleno y regar con agua.

811.4.3 Riego y mantenimiento

No se deberá hacer corte a las áreas sembradas antes del establecimiento de una densidad del setenta por ciento (70 %) de la vegetación y con un crecimiento mínimo de las especies de siete con cinco centímetros (7.5 cm). La altura de corte no deberá ser menor de siete con cinco centímetros (7.5 cm). Durante la etapa de ejecución, el Constructor será responsable por el mantenimiento de la vegetación establecida. Adicionalmente, el Constructor deberá regar las áreas sembradas tan frecuentemente como sea necesario para ayudar a establecer satisfactoriamente la vegetación y propiciar su crecimiento.

Los elementos para la aplicación de los riegos periódicos deberán ser de tipo aspersor u otros similares que apliquen el agua en forma de lluvia fina.

811.4.4 Limitaciones en la ejecución

No se permitirán los trabajos de colocación de productos enrollados para control de erosión en momentos en que haya lluvia o fundado temor que ella ocurra, ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a dos grados Celsius (2° C).

Los trabajos se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

811.4.5 Manejo ambiental

Todas las labores de instalación de sistemas para control de erosión se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

811.4.6 Reparaciones

Todas las áreas que se erosionen antes de la aceptación definitiva de los trabajos deberán ser reparadas por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, incluyendo la reparación o sustitución de los PECE, la resiembra y el riego.

811.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**811.5.1 Controles**

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento del equipo utilizado por el Constructor.
- Comprobar que los materiales cumplan los requisitos de calidad exigidos en el numeral 811.2, según el tipo de protección por utilizar.
- Verificar que el trabajo se ejecute de acuerdo con los documentos del proyecto y las exigencias del presente Artículo.
- Verificar el cumplimiento de todas las medidas ambientales y de seguridad requeridas.
- Vigilar que el Constructor efectúe un mantenimiento adecuado del área protegida hasta su recibo definitivo.

El Interventor medirá, para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado.

811.5.2 Condiciones específicas para el recibo de los trabajos

El Interventor no recibirá las obras antes de noventa (90) días de concluidos los trabajos de protección. Igualmente, el Interventor tampoco recibirá la obra antes de que el setenta por ciento (70 %) del área sembrada se encuentre cubierta por vegetación específica y sin lugares desnudos mayores a un metro cuadrado (1 m²). El Constructor deberá mantener el riego, si es necesario, para ayudar en el establecimiento de la vegetación hasta el momento del recibo definitivo de la obra.

En el momento del recibo definitivo, el área protegida no podrá presentar irregularidades o desperfectos.

811.6 MEDIDA

La unidad de medida del producto enrollado para control de erosión será el metro cuadrado (m^2), aproximado al decímetro cuadrado, de área protegida de acuerdo con los documentos del proyecto y las indicaciones del Interventor, a plena satisfacción de éste. La medida se hará sobre la superficie del talud.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se incluirán en la medida áreas con protección vegetal por fuera de los límites establecidos en los documentos del proyecto o autorizados por el Interventor.

811.7 PAGO

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con los planos y esta especificación, y aceptada a satisfacción por el Interventor. El precio unitario deberá incluir todos los costos de preparación de la superficie existente, salvo que dicha labor forme parte de otra partida de trabajo del mismo contrato; el suministro en el lugar y la colocación de todos los materiales requeridos para la protección, incluidos los anclajes; la compactación o escarificación de la superficie tratada, cuando corresponda; la excavación y el relleno de las zanjas requeridas para asegurar los mantos para control de erosión; el suministro del agua y aplicación del riego periódico del área tratada; la poda periódica; el suministro y la aplicación de fertilizantes, insecticidas y demás materiales requeridos para la conservación del área protegida hasta su recibo definitivo. Deberá incluir, también, los costos de la señalización preventiva y el control del tránsito público durante la ejecución de los trabajos; los desperdicios y el manejo adecuado de ellos y, en general, todo costo adicional relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

811.8 ÍTEM DE PAGO

811.1 Protección de taludes con producto enrollado para
control de erosión del tipo _____

Metro cuadrado (m²)

Nota: se deberá elaborar un ítem de pago para cada producto enrollado de control de erosión que se especifique en el proyecto.

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

RECUBRIMIENTO DE TALUDES CON MALLA Y MORTERO

ARTÍCULO 812 – 13

812.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la protección de taludes utilizando malla de alambres de acero y mortero de cemento hidráulico, de acuerdo con los planos del proyecto o las instrucciones del Interventor.

812.2 MATERIALES

812.2.1 Malla de alambres de acero

El tipo y las características de la malla serán los indicados en los documentos del proyecto. El tipo de malla puede ser alguno de los indicados en la Tabla 812 – 1.

Tabla 812 – 1. Tipos generales de mallas de acero para protección de taludes

TIPO DE MALLA	NORMA ASTM	NORMA NTC
Malla electrosoldada	A-185	1925
Malla de acero con recubrimiento metálico para gaviones	A-195	5333
Malla de gallinero	A-390	3313

812.2.2 Cemento hidráulico

El cemento hidráulico debe cumplir lo especificado en el Artículo 501 de estas especificaciones. Si los documentos del proyecto no señalan algo diferente, se empleará cemento hidráulico de uso general: Portland tipo I (norma ASTM C-150); tipo IS o IP (norma ASTM C595); o tipo GU (norma ASTM C1157).

812.2.3 Agregado

El agregado para el mortero provendrá de arenas naturales en su totalidad o parcialmente de la trituración de rocas, gravas, escorias siderúrgicas u otro producto que resulte adecuado a juicio del

Interventor. El porcentaje de arena de trituración no podrá constituir más del treinta por ciento (30 %) de la masa total del agregado.

El agregado deberá cumplir con los siguientes requisitos:

812.2.3.1 Granulometría

La curva granulométrica del agregado para mortero deberá encontrarse dentro de los límites que se señalan en la Tabla 812 - 2.

Tabla 812 – 2. Requisitos granulométricos del agregado para mortero de recubrimiento de taludes

TAMIZ (mm) U.S. Standard)	9.5	4.75	2.36	1.18	0.60	030	0.150	0.075
	3/8"	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100	No. 200
% PASA	100	95-100	80-100	50-85	25-60	10-30	2-10	0 - 5
Requisitos adicionales	Porcentaje retenido entre dos tamices consecutivos ≤ 45 %							

812.2.3.2 Calidad

El agregado deberá cumplir los requisitos indicados en la Tabla 812 - 3.

812.2.3.3 Reactividad

El agregado fino no podrá presentar reactividad potencial con los álcalis del cemento. Se considera que el agregado es potencialmente reactivo si los resultados que se obtienen al determinar la concentración de SiO_2 y la reducción alcalinidad, R, mediante la norma de ensayo INV E-234, no cumplen con los requisitos establecidos en la Tabla 812 - 3.

Si se emplean arenas provenientes de escorias siderúrgicas, se comprobará que no contengan silicatos inestables ni compuestos ferrosos.

812.2.4 Agua

El agua para fabricar el mortero deberá estar limpia y libre de impurezas perjudiciales, tales como aceite, ácidos, álcalis y materia orgánica. Se

considera adecuada el agua que cumpla los requisitos establecidos en el numeral 630.2.3 del Artículo 630. Se puede usar agua potable sin necesidad de pruebas previas.

Tabla 812 – 3. Requisitos de calidad del agregado para mortero de recubrimiento de taludes

CARACTERÍSTICA	Norma de ensayo INV	REQUISITO
Durabilidad (O)		
Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfatos, % máximo	E-220	10
- Sulfato de sodio		15
- Sulfato de magnesio		
Limpieza (F)		
Límite líquido, % máximo	E-125	-
Índice de plasticidad, % máximo	E-126	No Plástico
Equivalente de arena, % mínimo	E-133	60
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales, % máximo	E-211	1
Partículas livianas, % máximo	E-221	0.5
Contenido de materia orgánica (F)		
Color más oscuro permisible	E-212	Igual a muestra patrón
Características químicas (O)		
Contenido de sulfatos, expresado como $\text{SO}_4^{=}$, % máximo	E-233	1.2
Reactividad Alkali - Agregado: Concentración SiO_2 y reducción alcalinidad R	E-234	$\text{SiO}_2 \leq R$ cuando $R \geq 70$ $\text{SiO}_2 \leq 35 + 0.5R$ cuando $R < 70$
Absorción		
Absorción de agua, % máximo	E-222	4.0
Requisito especial para arenas provenientes de excorias siderúrgicas		
Se debe comprobar que no tengan silicatos inestables ni compuestos ferrosos		

812.3 EQUIPO

Los principales elementos requeridos para la elaboración del mortero y la aplicación de dicho material en el talud son los siguientes:

812.3.1 Equipo para la fabricación y transporte del mortero

El mortero se deberá preparar en una central de mezclas y transportar al sitio de los trabajos en carros tipo mixer. Se permitirá el empleo de

mezcladoras estacionarias en el lugar de la obra, cuya capacidad no podrá exceder de un metro cubico (1 m³), previa autorización del Interventor.

812.3.2 Formaleta y obra falsa

El Constructor deberá suministrar e instalar todos los andamios y elementos necesarios para la instalación de la malla y para revestir con el mortero la cara del talud.

812.3.3 Elementos para la colocación del concreto

El Constructor deberá disponer de los medios de colocación del mortero que permitan la adecuada regulación de la cantidad de mortero aplicado. El tipo y capacidad del equipo para colocar el mortero deberá contar con la aprobación previa del Interventor.

Además, deberá disponer de herramientas varias, entre ellas las necesarias para la construcción de juntas, la corrección superficial del mortero terminado, el curado del mismo y elementos de limpieza.

812.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

812.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Al respecto, resulta aplicable lo descrito en el numeral 630.4.1 del Artículo 630.

812.4.2 Formaletas y obra falsa

Todos los andamios y elementos necesarios para la instalación de la malla, la colocación de los bastones de anclaje y el revestimiento con el mortero, deberán ser diseñados por el Constructor y aprobados por Interventor. Los andamios deberán ser diseñados de tal manera que permitan la colocación y terminación del mortero en su posición final y su fácil inspección de manera adecuada y segura para el personal.

La aprobación del diseño de la obra falsa por parte del Interventor, no exime al Constructor de su responsabilidad respecto a la seguridad, calidad del trabajo y cumplimiento de todos los requerimientos de esta especificación.

812.4.3 Colocación de la malla

Inicialmente, se deberá proceder con la remoción de material suelto del talud; a continuación, se instalará la malla anclándola en la parte superior del talud y ciñéndola a éste mediante bastones en forma de "U" (acero de refuerzo 3/8"); por último, se procederá a recubirla con la capa de mortero de cemento, dejando juntas de dilatación a criterio del Interventor.

812.4.4 Fabricación del mortero**812.4.4.1 Almacenamiento de los agregados**

Los acopios de agregado se deberán mantener libres de tierra o de elementos extraños y dispuestos de tal forma que se evite al máximo su segregación.

Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se utilizarán los quince centímetros (15 cm) inferiores de los mismos.

Los acopios se construirán por capas, de espesor no mayor a metro y medio (1.50 m), y no por montones cónicos.

812.4.4.2 Suministro y almacenamiento del cemento

Al respecto se aplica lo prescrito en el numeral 630.4.5.2 del Artículo 630.

812.4.4.3 Elaboración del mortero

La mezcla para el mortero tendrá una proporción 1:4 en peso (una parte de cemento por cuatro partes de arena), salvo que los documentos del proyecto establezcan una dosificación diferente.

Si ha sido autorizada por el Interventor la fabricación del mortero en mezcladora al pie de obra, salvo indicación en contrario de éste, la mezcladora se cargará primero con una parte no superior a la mitad (1/2) del agua requerida para la cochada; a continuación, se añadirán simultáneamente el agregado fino y el cemento, completándose luego la

dosificación de agua durante un lapso que no deberá ser inferior a cinco segundos (5 s), ni superior a la tercera parte ($1/3$) del tiempo total de mezclado, contado a partir del instante de introducir el cemento y los agregados.

Antes de cargar nuevamente la mezcladora se vaciará totalmente su contenido. En ningún caso se permitirá el remezclado de morteros que hayan fraguado parcialmente, aunque se añadan nuevas cantidades de cemento, agregados y agua.

Cuando la mezcladora haya estado detenida por más de treinta (30) minutos, deberá ser limpiada perfectamente antes de verter materiales en ella. Así mismo, se requiere su limpieza total antes de comenzar la fabricación de mortero con otro tipo de cemento.

El Constructor, con la supervisión del Interventor, transformará las cantidades correspondientes a la fórmula de trabajo a unidades volumétricas. El Interventor verificará que existan los elementos de dosificación precisos para obtener una mezcla de la calidad deseada.

812.4.5 Descarga, transporte y aplicación del mortero

El mortero, al ser descargado de la mezcladora, deberá tener la consistencia, trabajabilidad y uniformidad requeridas para la obra. La descarga de la mezcladora, el transporte y la aplicación del mortero deberán ser completados en un tiempo máximo de una y media ($1\ 1/2$) horas, desde el momento en que el cemento se añade a los agregados, salvo que el Interventor fije un plazo diferente según las condiciones climáticas.

No se permitirá la aplicación en el talud de ningún mortero que haya desarrollado algún endurecimiento inicial, que no sea entregado dentro del límite de tiempo aprobado o que no tenga el asentamiento dentro de los límites especificados.

El mortero que por cualquier causa haya sido rechazado por el Interventor, deberá ser retirado de la obra y reemplazado por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, por un mortero satisfactorio.

812.4.6 Juntas

Se deberán construir juntas de dilatación con las características y en los sitios indicados en los planos del proyecto o donde lo indique el Interventor. El Constructor no podrá introducir juntas adicionales o modificar el diseño de localización de las indicadas en los planos o aprobadas por el Interventor, sin la autorización de éste. En superficies expuestas, las juntas deberán ser horizontales o verticales, rectas y continuas, a menos que se indique lo contrario.

En general, se deberá dar un acabado pulido a las superficies del mortero.

812.4.7 Agujeros para drenaje

Los agujeros para drenaje o alivio se deberán construir de la manera y en los lugares señalados en los planos o donde lo indique el Interventor. Los moldes para practicar agujeros a través del mortero deberán ser de tubería de PVC.

812.4.8 Curado**812.4.8.1 Generalidades**

En general, los tratamientos de curado se deberán mantener por un período no menor de siete (7) días después de terminada la colocación del mortero.

812.4.8.2 Curado con agua

El Constructor deberá lograr que el mortero permanezca húmedo en toda la superficie, cubriéndolo con tejidos de fique o algodón saturados de agua, o por medio de rociadores, mangueras o tuberías perforadas, o por cualquier otro método que garantice los mismos resultados.

El humedecimiento deberá ser continuo y bajo ninguna circunstancia se permitirá el humedecimiento periódico. El agua que se utilice para el curado deberá cumplir los mismos requisitos del agua para la mezcla.

812.4.9 Limpieza final

Al terminar la obra y antes de la aceptación final del trabajo, el Constructor deberá retirar del lugar toda obra falsa, materiales no utilizados, desechos, basuras y construcciones temporales, restaurando en forma aceptable para el Interventor, toda propiedad, tanto pública como privada, que pudiera haber sido afectada durante la ejecución de los trabajos y dejando el lugar limpio y presentable.

812.4.10 Limitaciones en la ejecución

No se permitirán los trabajos de recubrimiento de taludes con malla y mortero en momentos en que haya lluvia o fundado temor que ella ocurra, ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a dos grados Celsius (2° C).

Los trabajos se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

812.4.11 Reparaciones

Todo mortero defectuoso o deteriorado deberá ser reparado o reemplazado por el Constructor, según lo requiera el Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

812.4.12 Manejo ambiental

Todas las labores de ejecución de recubrimiento de taludes con malla y mortero se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales.

812.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

812.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado previamente en cuanto a la colocación y anclaje de la malla, a la elaboración y manejo de los agregados, a la fabricación, transporte y colocación del mortero, a la ejecución de juntas, al acabado y al curado del mortero.
- Efectuar los ensayos necesarios para el control de la mezcla de mortero.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y mezcla del mortero durante el período de ejecución de las obras.
- Realizar medidas para determinar las dimensiones de la protección y comprobar la uniformidad de la superficie.

El Interventor medirá, para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado.

812.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

812.5.2.1 Calidad del cemento

Cada vez que lo considere necesario, el Interventor efectuará u ordenará ejecutar los ensayos de control que permitan verificar la calidad del cemento.

812.5.2.2 Calidad del agua

Siempre que se tenga alguna sospecha sobre su calidad, se determinará su pH y los contenidos de materia orgánica, sulfatos y cloruros.

812.5.2.3 Calidad de los agregados

La calidad de los agregados se verificará mediante la realización de las mismas pruebas especificadas en el numeral 812.2.3 del presente Artículo. La frecuencia de los ensayos de control durante la etapa de ejecución de los trabajos será a criterio del Interventor, de acuerdo con la magnitud de la obra. De dicha decisión, se deberá dejar constancia escrita.

812.5.2.4 Calidad de la mezcla**812.5.2.4.1 Dosificación**

La mezcla se deberá efectuar en las proporciones establecidas durante su diseño, admitiéndose las variaciones en el peso de sus componentes que se indican en la Tabla 812 - 4.

Tabla 812 – 4. Tolerancias en puntos de porcentaje sobre la dosificación en masa de la mezcla de mortero

COMPONENTE DE LA MEZCLA	TOLERANCIA
Agua, cemento y aditivos	$\pm 1 \%$
Agregado fino	$\pm 2 \%$

812.6 MEDIDA

La unidad de medida será el metro cuadrado (m^2), aproximado al décimo de metro cuadrado, de recubrimiento de talud con malla y mortero ejecutado de conformidad con los planos o las instrucciones del Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

El área se determinará multiplicando la longitud de talud tratada, medida a lo largo del eje de la vía, en su proyección horizontal, por el ancho, medido sobre la superficie del talud, especificado en los planos o modificado por el Interventor. De las áreas calculadas se deducirán las correspondientes a las tuberías de drenaje.

No se medirá, para fines de pago, ninguna obra ejecutada por fuera de las dimensiones o líneas establecidas en los documentos del proyecto u ordenadas por el Interventor.

812.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir los costos del suministro y colocación de la malla y los anclajes; el suministro de los agregados, del cemento y del agua; del diseño de la mezcla de mortero; de la elaboración de la mezcla de mortero, su transporte y colocación sobre el talud; el diseño, suministro de los materiales requeridos y la elaboración de la obra falsa necesaria; la ejecución de juntas; el suministro y la colocación de las tuberías de drenaje; el curado del mortero terminado; la limpieza final de la zona de las obras. Deberá incluir, también, los costos de la señalización preventiva y el control del tránsito público durante la ejecución de los trabajos y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

812.8 ÍTEM DE PAGO

812.1 Recubrimiento de taludes con malla y mortero 1:4 de e = ____ cm

Metro cuadrado (m²)

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente
NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

PLANTACIÓN DE ÁRBOLES

ARTÍCULO 820 – 13

820.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro y la plantación de árboles, en los sitios indicados en los documentos del proyecto o determinados por el Interventor. El trabajo incluye la conservación de árboles plantados hasta el recibo definitivo de los trabajos.

820.2 MATERIALES

820.2.1 Plantones

Las especies de árboles por plantar serán las indicadas en los documentos del proyecto; deberán ser nativas y deberán ser concertadas con la autoridad ambiental competente; en lo posible, deberán provenir de los viveros existentes de la región.

Salvo que los documentos del proyecto indiquen otra cosa, se utilizarán plantones (pequeños árboles) que, al momento de su plantación, tengan una altura entre 1.20 m y 1.50 m.

820.2.2 Material para relleno de las excavaciones

El material para el relleno de las excavaciones para la plantación de árboles será el indicado en los documentos del proyecto; podrá ser el material de excavación, tierra orgánica suministrada para tal fin, o una mezcla de ambos. En cualquiera de los casos, los documentos pueden indicar la necesidad de añadir fertilizantes, abonos (humus de lombriz de tierra, cascarilla de arroz u otros), insecticidas u otros componentes al material de relleno.

La tierra orgánica deberá provenir de áreas localizadas fuera del proyecto o, preferiblemente, del descapote del proyecto. Consistirá en un suelo de origen superficial, con contenido orgánico, libre de piedras, ramas, restos vegetales de gran calibre, escombros, desperdicios no degradables y cualquier otro elemento extraño y nocivo para los fines de la plantación de árboles.

820.2.3 Fertilizantes, abonos e insecticidas

Se deberán emplear los fertilizantes, abonos e insecticidas adecuados para cada especie vegetal, según lo establezcan los documentos técnicos del proyecto. Los fertilizantes pueden ser órgano-minerales o minerales, y deberán aportar los macro nutrientes y micro nutrientes esenciales para un buen establecimiento y óptimo desarrollo de los individuos.

820.2.4 Otros insumos

Se podrán requerir otros insumos como hormonas para enraizar, hidro-retenedores, etc., que deben cumplir los requerimientos establecidos en los documentos del proyecto.

820.2.5 Tutores y cercos

Los tutores y cercos que se requieran deberán cumplir con los requisitos establecidos en los documentos del proyecto o indicados por el Interventor.

820.2.6 Agua para riego

El agua deberá estar limpia, sin elementos extraños ni suciedad evidente, y deberá estar libre de contaminaciones químicas. No es necesario que el agua sea potable.

820.3 EQUIPO

El Constructor deberá disponer de los equipos y herramientas necesarios, tales como rastrillos, azadones, horcas, ganchos para formar surcos y demás implementos para asegurar que los trabajos de plantación de árboles tengan la calidad exigida y se garantice el cumplimiento de su programa de ejecución.

Se deberá usar un vehículo con canastilla para transporte del material vegetal.

820.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

820.4.1 Aspectos generales

La ejecución de los trabajos de plantación de árboles se hará siguiendo las indicaciones y los procedimientos definidos en los documentos del proyecto y aprobados en el plan de ejecución, teniendo en cuenta los lineamientos establecidos en la Guía de Manejo Ambiental del Proyectos de Infraestructura – Sector Vial, del Instituto Nacional de Vías, y por entidades especializadas como el Jardín Botánico de Bogotá.

En lo posible, la plantación se deberá realizar con el inicio del período de lluvias.

820.4.2 Supervisión técnica

Para la planeación y la dirección de los trabajos de plantación de árboles, es obligatorio que el Constructor tenga dentro de su equipo a un profesional del área forestal con suficiente experiencia en este tipo de trabajos.

El plan de ejecución de la plantación de árboles y todos los informes de seguimiento de estos trabajos deberán ser firmados por este profesional, junto con el director de obra.

820.4.3 Planeación y seguimiento

El Constructor, por intermedio de su especialista forestal, deberá presentar y suscribir el plan detallado de ejecución de los trabajos, acompañado de los informes, soportes y planos exigidos para tal propósito, el cual deberá contar con la aprobación de la autoridad ambiental competente y del Interventor antes de iniciar los trabajos de plantación de árboles.

Así mismo, el plan de ejecución deberá incluir un plano de ubicación general de los árboles por plantar para que cualquier entidad de control pueda delimitar la zona y ubicarse en el terreno.

El plan de ejecución deberá incluir un programa detallado de las actividades a ejecutar para el establecimiento y mantenimiento de los árboles, señalando en el mismo, de manera secuencial, todos los procedimientos a implementar y la clase de materiales o insumos

requeridos. Este plan debe estar hecho en general para un tiempo mínimo de tres (3) años, si los documentos del proyecto no disponen algo diferente.

Este plan deberá incluir, también, un sistema de evaluación y seguimiento que permita verificar el desarrollo de la actividad en cada una de las fases, así: establecimiento, reposición y mantenimiento.

Se deberán realizar visitas que, en lo posible, cuenten con la participación de la autoridad ambiental competente; el Constructor deberá elaborar informes de estas visitas que incluyan fichas de seguimiento con el respectivo registro fotográfico. A no ser que los documentos del proyecto indiquen otra cosa, los informes serán bimestrales durante el primer año; cuando el tiempo transcurrido a partir de la plantación del último árbol del proyecto sea mayor de un año, los informes de seguimiento podrán ser semestrales.

A la terminación del proyecto, el Constructor deberá presentar un informe final de la actividad de plantación de árboles que incluya la versión final de las fichas de seguimiento. Además, en este informe se deberán indicar cuáles individuos tienen menos de tres años de plantados o no han completado el plan de mantenimiento establecido para el proyecto.

820.4.4 Suministro de plántones

El Constructor deberá informar al Interventor, con una anticipación no menor a 15 días, sobre el envío de los plántones al proyecto, de manera que éste tenga la oportunidad de inspeccionarlos en el vivero.

820.4.5 Transporte y almacenamiento temporal

Los plántones deberán ser empacados adecuadamente para prevenir daños por efectos del clima y del transporte. El Constructor deberá usar unos sistemas de empaque y transporte adecuados para prevenir daños en la corteza, ramas y raíces.

Cada plánton deberá tener una etiqueta, a prueba de agua, que indique el nombre del árbol y la fecha de despacho.

Los plántones que lleguen a la obra pero no vayan a ser instalados inmediatamente, deberán ser almacenados temporalmente en un sitio

acondicionado especialmente por el Constructor para ese propósito, que permita mantener la alimentación y la humedad de los individuos hasta su plantación.

Los plantones deberán ser plantados en un tiempo no mayor a 30 días.

820.4.6 Preparación del terreno

El sitio donde se va a plantar el árbol se deberá preparar mediante la remoción de todo material inadecuado, como césped, piedras, raíces y semillas.

820.4.7 Excavación

La excavación para la plantación del árbol deberá tener el tamaño adecuado para alojar el plantón. En general, la excavación deberá tener las dimensiones mínimas indicadas en la Tabla 820 - 1, salvo que los documentos del proyecto indiquen otra cosa.

Tabla 820 – 1. Tamaño mínimo de la excavación para la plantación de árboles

CARACTERÍSTICAS DEL PLANTÓN	DIÁMETRO, en exceso del diámetro del sistema radicular	PROFUNDIDAD, en exceso de la profundidad de las raíces
Altura - Hasta 1.5m - Más de 1.5m	-	0.20 m 0.30 m
Diámetro del sistema radicular - Hasta 1.0m - Más de 1.0m	0.50 m 50 % más que el diámetro del sistema radicular	-

El suelo que queda en el fondo y a los lados de la excavación deberá ser aflojado en un espesor de 15 cm antes de colocar el plantón.

Las excavaciones para la plantación de árboles no deberán quedar abiertas de un día para otro.

820.4.8 Instalación de los plantones

El Interventor inspeccionará los plantones antes de ser instalados en la excavación. Se rechazarán los individuos que no cumplan los requisitos establecidos en el numeral 820.2.1, que estén en condiciones no

satisfactorias o que presenten signos de manejo inapropiado; estos individuos deberán ser retirados y dispuestos en sitios aprobados por el Interventor y deberán ser reemplazados por individuos en buen estado, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Para la plantación, se retirará la bolsa que contiene el sistema radicular del plantón, teniendo cuidado de que no se desbarate el bloque de tierra que viene adherido a él. Luego se colocará el plantón en el hoyo abierto y se rellenará la excavación con el material especificado en el numeral 820.2.2, apisonando el material para eliminar vacíos y para que el plantón quede sujeto firmemente al suelo.

Si los documentos del proyecto así lo contemplan, o lo indica el Interventor, se instalarán tutores para apoyar el crecimiento adecuado y vertical de los plantones; también se puede requerir la instalación de cercos de postes de madera y alambre de púas para proteger la plantación de semovientes.

820.4.9 Fertilización

Se deberá considerar al menos una fertilización principal y una de mantenimiento. La fertilización principal se realizará junto con la plantación del árbol. Los materiales y dosificaciones se señalarán en los documentos del proyecto. Durante el proceso de crecimiento, se completará la fertilización, según lo indicado en los documentos del proyecto o lo establecido por el Interventor.

Los niveles anteriores serán considerados como mínimos. Las fertilizaciones se podrán realizar en conjunto con los riegos de agua.

820.4.10 Riego y conservación

El riego se aplicará a partir del día siguiente de la plantación y no habrá límite en cuanto a su frecuencia. De preferencia, se regará temprano en la mañana y al atardecer.

La frecuencia de los riegos dependerá tanto de las condiciones climáticas como de las especies sembradas y deberá ser suficiente para asegurar, junto con las fertilizaciones, que durante todo el proceso se presenten los niveles adecuados de desarrollo de los árboles.

Adicionalmente, se requerirá de poda en caso que la vegetación sobrepase la corona de la vía, obstruya algún dispositivo de drenaje o impida una adecuada visibilidad en la vía. Esta actividad se realizará siempre que sea necesario, a juicio del Interventor, y en forma permanente hasta el recibo definitivo de los trabajos.

820.4.11 Manejo ambiental

Todas las determinaciones referentes a los trabajos de plantación de árboles deberán ser tomadas considerando la protección del medio ambiente y las disposiciones vigentes sobre el particular.

820.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

820.5.1 Controles

Se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento del equipo utilizado por el Constructor.
- Comprobar que los materiales cumplan los requisitos de calidad exigidos en el numeral 820.2.
- Vigilar el cumplimiento del plan de establecimiento y mantenimiento aprobados.
- Evaluar periódicamente el porcentaje de prendimiento y tomar las acciones preventivas y/o de control para garantizar la supervivencia de los individuos.
- Verificar el cumplimiento de todas las medidas ambientales y de seguridad requeridas.

El Interventor vigilará el cumplimiento, por parte del Constructor, de la presentación del plan de ejecución, así como de los informes de evaluación y seguimiento solicitados en el numeral 820.4.3; vigilará, también, que el Constructor efectúe la conservación adecuada de los árboles sembrados, hasta su recibo definitivo.

El Interventor medirá, para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado.

820.5.2 Condiciones específicas para el recibo

Los trabajos de plantación de árboles serán recibos si los árboles han prendido adecuadamente, si los árboles plantados cumplen con las condiciones funcionales, paisajísticas y técnicas contempladas en los documentos del proyecto, si se ha realizado de forma apropiada el plan de ejecución aprobado, si los insumos empleados cumplen los requisitos de calidad correspondientes y si el área de plantación se encuentra bien mantenida y libre del material sobrante.

En caso necesario, el Constructor deberá presentar al Interventor la Certificación expedida por parte de la autoridad ambiental competente que acredite el cumplimiento de la obligación que hubiere impuesto para la plantación de árboles en el proyecto.

820.6 MEDIDA

La unidad de medida de la plantación de árboles será la unidad (u) de árbol sembrado de acuerdo con los documentos del proyecto y las indicaciones del Interventor, a plena satisfacción de éste.

820.7 FORMA DE PAGO

El pago de la plantación de árboles se hará al respectivo precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado de acuerdo con esta especificación y aceptado a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir todos los costos de preparación del terreno; el suministro en el lugar, el almacenamiento temporal y la colocación de todos los materiales requeridos para plantación; la excavación; la plantación; el relleno de la excavación; los tutores y cercos; el riego, incluyendo el suministro del agua, y poda periódicas de los árboles plantados, si se requiere; el suministro y la aplicación de fertilizantes, insecticidas y demás materiales requeridos para la conservación de los árboles hasta su recibo definitivo; los desperdicios y el manejo adecuado de ellos; la señalización y el control de tránsito; el plan de ejecución y seguimiento y, en

general, todo costo adicional relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

820.8 ÍTEM DE PAGO

820.1 Plantación de árboles

Unidad (u)

Nota: se deberá elaborar un ítem de pago por separado para cada especie de árbol contemplada en el contrato.

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente
NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

CAPÍTULO 9 – TRANSPORTE

ART. 900

TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE
EXCAVACIONES Y DERRUMBES

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIA

TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE EXCAVACIONES Y DERRUMBES

ARTÍCULO 900 – 13

900.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste, única y exclusivamente, en el transporte de los materiales provenientes de la excavación de la explanación, canales y préstamos, y el transporte de los materiales provenientes de derrumbes.

Esta especificación no es aplicable al transporte de líquidos, productos manufacturados, elementos industriales, ni al de agregados pétreos, mezclas asfálticas, materiales para la construcción de los pavimentos rígidos, obras de concreto hidráulico y de drenaje.

900.2 MATERIALES

900.2.1 Materiales provenientes de la excavación de la explanación, canales y préstamos

Hacen parte de este grupo los materiales provenientes de las excavaciones requeridas para la explanación, canales y préstamos, para su utilización o desecho, a que hace referencia el Artículo 210 de las presentes especificaciones.

Incluye, también, los materiales provenientes de la remoción de la capa vegetal o descapote y otros materiales blandos, orgánicos y objetables, provenientes de las áreas en donde se vayan a realizar las excavaciones de la explanación, terraplenes y pedraplenes.

900.2.2 Materiales provenientes de derrumbes

Hacen parte de este grupo los materiales provenientes del desplazamiento de taludes o del terreno natural, depositados sobre una vía existente o en construcción, a que hace referencia el Artículo 211, "Remoción de derrumbes", de las presentes especificaciones.

900.3 EQUIPO

Los vehículos para el transporte de materiales estarán sujetos a la aprobación del Interventor y deberán ser suficientes para garantizar el cumplimiento de las exigencias de esta especificación y del programa de trabajo. Deberán estar provistos de los elementos necesarios para evitar contaminación o cualquier alteración perjudicial del material transportado y su caída sobre las vías empleadas para el transporte.

Todos los vehículos para el transporte de materiales deberán cumplir con las disposiciones legales vigentes referentes al control de la contaminación ambiental.

Ningún vehículo de los utilizados por el Constructor para el transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes por las vías de uso público podrá exceder las dimensiones y las cargas admisibles por eje y totales fijadas por las disposiciones legales vigentes al respecto.

900.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

900.4.1 Transporte de los materiales

La actividad de la presente especificación implica solamente el transporte de los materiales a los sitios de utilización o desecho, según corresponda, de acuerdo con el proyecto y las indicaciones del Interventor, quien determinará cuál es el recorrido más corto y seguro para efectos de medida del trabajo realizado.

900.4.2 Manejo ambiental

Todas las determinaciones referentes al transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes deberán ser tomadas considerando la protección del medio ambiente y las disposiciones legales vigentes sobre el particular.

En particular, se deberá prestar atención al correcto funcionamiento del equipo de transporte en materia medioambiental y a la correcta utilización de los lugares de vertido de los desperdicios generados por las unidades de obra a las cuales se hace referencia en este Artículo.

900.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

900.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se deberán efectuar los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento de los vehículos de transporte;
- Comprobar que las ruedas del equipo de transporte que circule sobre las diferentes capas de pavimento se mantengan limpias. El Interventor exigirá al Constructor la limpieza de la superficie en caso de contaminación atribuible a la circulación de los vehículos empleados para el transporte de los materiales. Si la limpieza no fuere suficiente, el Constructor deberá remover la capa correspondiente y reconstruirla de acuerdo con la respectiva especificación, a sus expensas;
- Verificar el cumplimiento de todas las medidas requeridas sobre seguridad para el transporte de materiales;
- Determinar la ruta para el transporte al sitio de utilización o desecho de los materiales, siguiendo el recorrido más corto y seguro posible;
- Exigir el cumplimiento de las normas ambientales para el transporte de materiales.

900.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

El Interventor sólo medirá el transporte de materiales autorizados de acuerdo con esta especificación, los planos del proyecto y sus instrucciones. Si el Constructor utiliza para el transporte una ruta diferente y más larga que la aprobada por el Interventor, éste solamente computará la distancia más corta que se haya definido previamente.

Para efectuar la medición del transporte de materiales se requerirá, también, que se hayan efectuado las mediciones de densidad seca o peso unitario seco del material en su posición original; así mismo, si el material transportado es utilizado en la construcción, será necesario medir la densidad seca o el peso unitario seco del material compactado en su posición final.

900.6 MEDIDA

Las unidades de medida para el transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes, serán las que se indican a continuación. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

900.6.1 Materiales provenientes de la excavación de la explanación, canales y préstamos

Para el transporte de estos materiales a una distancia entre cien metros (100 m) y mil metros (1000 m), la unidad de medida será el metro cúbico-Estación (m^3 -E). La medida corresponderá al número de metros cúbicos, aproximado al entero, de material transportado medido en su posición original, multiplicado por la distancia de transporte, en estaciones de cien metros (100 m), con aproximación al décimo de estación.

Cuando los materiales deban ser transportados a una distancia mayor de mil metros (1000 m), la unidad de medida será el metro cúbico-kilómetro (m^3 -km). La medida corresponderá al número de metros cúbicos, aproximado al metro cúbico completo, medido en su posición original, y multiplicado por la distancia total de transporte expresada en kilómetros, con aproximación al décimo de kilómetro.

En cualquiera de los dos casos, la distancia de transporte que se computará será la existente entre el centro de gravedad de las excavaciones y el centro de gravedad de los sitios de utilización o disposición, menos los primeros cien metros (100 m), los cuales se establecen como distancia de acarreo libre.

Para los fines de estas especificaciones, se entiende por acarreo libre el que se efectúa desde el sitio de extracción del material hasta una distancia de cien metros (100 m), el cual se considera como parte del concepto correspondiente a la extracción del material transportado, motivo por el cual no es objeto de medida ni de pago por separado.

Para el caso de materiales que se utilicen en la construcción y deban ser compactados, su volumen se calculará a partir del volumen de material colocado y compactado, en su posición final, multiplicado por la relación entre las densidades secas o los pesos unitarios secos del material compactado y del material en su posición original.

Por densidad seca o peso unitario seco en su posición original se entenderá la (el) que presente el material en el banco en el cual es explotado, razón por la cual no se podrá considerar como tal la densidad seca o el peso unitario seco que presente el material en estado suelto sobre el camión o en acopios intermedios.

900.6.2 Materiales provenientes de derrumbes

La unidad de medida para el transporte de materiales provenientes de derrumbes será el metro cúbico-kilómetro (m^3 -km).

La medida corresponderá al número de metros cúbicos completos, medidos en estado suelto según se indica en el Artículo 211 de estas especificaciones y multiplicado por la distancia de transporte expresada en kilómetros, con aproximación al décimo de kilómetro.

La distancia de transporte será la existente entre el centro de gravedad del sitio de extracción del derrumbe y el centro de gravedad de los sitios de disposición final, menos cien metros (100 m) de distancia de acarreo libre.

900.7 FORMA DE PAGO

El pago de las cantidades de transporte de materiales determinadas en la forma indicada anteriormente, se hará al precio unitario pactado en el contrato, por unidad de medida, conforme a lo establecido en este Artículo y a las instrucciones del Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de mano de obra, equipo, herramientas, acarreo y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos aquí contemplados.

El precio unitario deberá incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

El precio unitario no incluirá los costos por concepto de los diferentes cargues, descargues y disposición del material, los cuales se encuentran incluidos en los precios unitarios de los ítems correspondientes.

Cualquier otro transporte no contemplado en este Artículo deberá ser incluido en el precio unitario del ítem respectivo.

900.8 ÍTEM DE PAGO

- | | |
|--|-------------------------------------|
| 900.1 Transporte de materiales provenientes de la excavación de la explanación, canales y préstamos, entre cien metros (100 m) y mil metros (1000 m) de distancia | Metro cúbico-Estación (m^3 -E) |
| 900.2 Transporte de materiales provenientes de la excavación de la explanación, canales y préstamos para distancias mayores de mil metros (1000 m), medido a partir de cien metros (100 m) | Metro cúbico-kilómetro (m^3 -km) |
| 900.3 Transporte de materiales provenientes de derrumbes, medido a partir de cien metros (100m) | Metro cúbico-kilómetro (m^3 -km) |

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

ESPECIFICACIONES PARTICULARES

1P. LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO

1.1 Descripción y Metodología

La referenciación planimétrica se iniciará mediante la escogencia de un punto fijo e inamovible durante las obras, como por ejemplo un punto fijado en un poste sólido o una edificación, preferiblemente se construirá un mojón en concreto con las especificaciones de las buenas prácticas de la topografía. Se realizará utilizando equipo de topografía, marcando los ejes sobre las estacas de madera colocados para este fin y realizando los trazos directamente sobre el terreno, clavando puntillas en un listón previamente colocado a una altura aproximada de 0,05 m desde el nivel del terreno.

El replanteo, antes de iniciar las excavaciones, deberá ser plenamente verificado independientemente, por el Residente, el Topógrafo e Interventor de la obra.

1.2 Localización

El Contratista la realizará ciñéndose a los planos de localización general del proyecto relacionados con los planos topográficos para lo cual empleará sistemas de precisión que le permitan fijar adecuadamente los puntos auxiliares que serán verificados por la interventoría para el replanteo posterior. La localización se hará basándose en los puntos de controles verticales y horizontales que sirvieran de base para el levantamiento del terreno (vía existente) mediante el tránsito de Ingeniero y nivel de precisión. Se computará como medida general la que den los ejes de construcción.

1.3 Replanteo

El Contratista lo ejecutará ciñéndose estrictamente a los planos suministrados por el Municipio de Popayán, de acuerdo a las siguientes recomendaciones técnicas:

1. El replanteo estará a cargo del Ingeniero residente o Topógrafo matriculado debiendo certificar este requisito al Interventor de la obra, en caso de tratarse de obras de construcción menores que se encuentren definidas en los pliegos de condiciones, se acepta la localización utilizando escuadra, nylon y cinta métrica, tomando como referencia las construcciones adyacentes y respetando las medidas contenidas en los planos de construcción, dicha localización debe referenciarse por medio de estacas en madera y/o guadua que garanticen el fácil replanteo durante la ejecución de la obra.
2. La referenciación planimétrica de la vía se hará a partir de un mojón de coordenadas correspondientes al sistema empleado para el levantamiento del terreno.
3. La referenciación altimétrica se hará a partir de un B.M. de los empleados para el levantamiento del terreno (vía existente) donde sea posible deberá verificarse sobre otro B.M.
4. Las longitudes se medirán con cinta metálica o similar.

5. Los ángulos se determinarán con tránsito que lea por lo menos con una precisión de 20"

6. El estacado y punteo que referenciará los ejes y parámetros se ejecutará en forma adecuada para garantizar firmeza y estabilidad utilizando materiales de primera calidad, (madera, puntillas, etc.)

7. Para los trabajos menos importantes, se empleará el sistema denominado 3-4-5.

8. Nivel de precisión deberá emplearse para las obras de alcantarillado y vías, y para los trabajos de albañilería se aceptará el nivel de manguera.

Se realizarán replanteos en las vías, de la estructura, de alcantarillados, muros y otros, antes de iniciar las obras, el Contratista someterá a la verificación y aprobación de la Interventoría la localización general del proyecto y sus niveles.

Durante la construcción el Contratista deberá verificar periódicamente las medidas y cotas, cuantas veces sea necesario, para ajustarse al proyecto. Deberá disponer permanentemente en la obra de un equipo de topografía adecuado para realizar esta actividad cuando se requiera hasta la finalización del contrato.

Los trabajos referentes al replanteo, al balizado de la vía y a la localización y mantenimiento de puntos de referencia no serán objeto de abono directo por parte del municipio de Popayán, motivo por el cual deberán ser considerados dentro de los costos indirectos correspondientes a los diferentes precios unitarios del Contrato.

En casos para tramos cortos menores de 200 metros; deberá disponer la comisión de topografía en la obra de un equipo adecuado para realizar esta actividad cuando se requiera o el interventor cuando solicita hasta la finalización del contrato, no es necesario permanecer en la obra.

Para parcheos no se requiere la comisión y equipo de topografía, por lo tanto las medidas y el nivel se utilizara con cinta métrica, manguera de nivel y codal para verificar los espesores.

1.4 Materiales y Equipos

Aparatos de topografía, estacas, marcas, plomadas, etc.

1.5 Medida y forma de pago

La medida será en metros cuadrados y se computará por una sola vez como medida general la que den los ejes de construcción. El pago se hará a los precios establecidos en el contrato.

Ítem de pago

1P.1	Localización y replanteo	M2
------	--------------------------	----

600.P EXCAVACIONES VARIAS SIN CLASIFICAR PARA ESTRUCTURAS Y DRENAJES

Se particulariza los siguientes ítems del artículo 600 de las especificaciones generales de construcción de INVIAS, el resto de los numerales queda igual.

Generalidades

Este trabajo consiste en la excavación en los sitios necesarios según el proyecto, de acuerdo con los alineamientos, pendientes y cotas indicadas en los planos u ordenados por el Interventor.

Se refiere a la ejecución manual de excavaciones para la cimentación de Muros; o de cualquier otro tipo; o para la construcción de Cunetas, Acequias, Pavimentos, Vías Peatonales, Andenes, Sumideros, Sardineles y las demás que no puedan clasificarse en las anteriores. Esta Actividad incluye Excavaciones para Estructuras con profundidades hasta de 2.00 m. y el acarreo de los Materiales resultantes hasta los sitios de acopio interno en Obra autorizados por la Interventoría.

Las excavaciones se realizaran en los sitios necesarios según el proyecto y de conformidad con las dimensiones de los planos del proyecto. El fondo de la excavación debe quedar totalmente limpio para fundición. Los costados de la excavación deberán quedar total mente verticales o tendidas según el tipo de terreno en concepto del interventor y su fondo nivelado horizontalmente excepto cuando en los planos constructivos se especifiquen, detalladamente variaciones.

Las sobre excavaciones ejecutadas sin autorización escrita de la Interventoría, así como las actividades necesarias para reponer las condiciones antes existentes, serán por cuenta y riesgo del Contratista no reconocerá en este caso ningún costo por estas actividades.

El contratista deberá prever el equipo de bombeo de aguas freáticas o lluvias, que resulten en la ejecución de los trabajos.

El recorrido del proceso de excavación (fallos de la subrasante o terreno natural) será convenido previamente con la Interventoría, de acuerdo a las condiciones del terreno, de la obra y de la Programación correspondiente.

Si en algún sitio de la excavación el piso para la colocación de la cimentación es flojo, este material flojo deberá removerse o remplazarse con material seleccionado correspondiente.

El contratista deberá ejecutar a sus expensas todas las obras provisionales y trabajos que sean necesarios para desaguar y proteger contra inundaciones la zona de construcción y todas aquellas obras que el Interventor ordene.

Siempre que fuere necesario, el Contratista deberá apuntalar debidamente las excavaciones, para evitar la ocurrencia de derrumbes.

Excavación para estructuras

Estos trabajos se refieren a la excavación que deberá realizarse para la cimentación de estructuras, hasta los niveles indicados en los planos. El método de excavación no deberá producir daños a los estratos previstos para cimentaciones, de forma tal que no se reduzca su capacidad portante, o su densidad.

La profundidad y taludes de excavación se guiarán por las indicaciones del diseño.

Estos sin embargo, estarán sujetos a las características que se encuentren en el subsuelo, debiendo ser fijados y aprobados en última instancia por la INTERVENTORIA.

El terreno de cimentación deberá estar limpio de todo material descompuesto y material suelto, raíces y todas las demás intrusiones que pudieran perjudicarla. En todo caso siempre es responsabilidad del CONTRATISTA proteger los cimientos contra daños de toda índole.

El CONTRATISTA deberá tomar las precauciones para mantener las excavaciones libres de agua y asegurar la estabilidad de los taludes

Equipo:

Mano de obra especializada, y no especializada Equipo manual y mecánico para cargue, retiro y transporte de sobrantes.

Medida y forma de pago

La unidad de medida será el metro cúbico de material excavado o en banco, aproximado al décimo metro cúbico, dicho calculo se hará con la nivelación topográfica y/o cinta métrica antes y después de ejecutado el trabajo de excavación medidas que se lograrán directamente en el terreno y se sustentará con carteras topográficas por parte del contratista y otras por parte de la interventoría para confrontación, cotejando con los planos y **no en las volquetas ni contabilizando la cantidad de viajes de las mismas.**

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de la excavación, remoción y cargue de todos los materiales excavados en las zonas de utilización o desecho. También, deberá cubrir los costos de todas las obras provisionales y complementarias, tales como la construcción de accesos, desvíos de corrientes de agua, construcción de cauces provisionales, trabajos de conservación de cauces; ataguías, encofrados, casinos, tablestacados, andamios, entibados y desagües; y los equipos, bombeos, transportes,

mano de obra, limpieza final de la zona de construcción y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

Ítem de pago

600.P1	Excavaciones varias sin clasificar a mano	M3
--------	---	----

5.P CONFORMACION DE SITIOS DE DISPOSICIÓN DE SOBRANTES

Alcance

El alcance de este ítem deberá considerar todas las acciones requeridas por las autoridades encargadas de expedir los permisos y efectuar los controles y seguimientos durante la operación de la zona de depósito, para que se realicen las actividades particulares y específicas que el lote demande con el propósito de habilitarlo satisfactoriamente para la disposición de los materiales que serán llevados hasta allí, para luego colocarlos en condiciones adecuadas. El ítem deberá considerar entonces todos los Estudios y Diseños requeridos, Trámite de licencias y permisos, construcción de obras de adecuación del terreno, construcción de las obras temporales y definitivas requeridas; derechos de botadero (regalías), dotación de servicios públicos; maquinaria, equipos y herramienta necesaria para la construcción y operación, así como la mano de obra calificada y no calificada para llevar a cabo las labores requeridas.

Se precisa además que esta especificación particular hace alusión al pago por el servicio de disposición, riego y compactación de materiales provenientes de explanaciones, excavaciones y derrumbes en zonas de depósito propiedad de terceros y que son operadas por sus propietarios directamente o a través de otro tercero que tiene a su cargo el manejo y operación de la zona de depósito. El valor de las expensas considera todas las actividades descritas las cuales no tendrán pagos separados ni adicionales, pero por su cancelación y pago, el Municipio de Popayán no adquiere ningún derecho real sobre la propiedad.

El Alcance de los trabajos comprende.

- **Estudios y Diseños.** Toda la información que se requiera para obtener de las Autoridades Ambientales y Municipales la licencia de operación y funcionamiento tales como topografía, estudio de suelos, estudios hidráulicos, hidrológicos, concesiones de agua, estudio de impacto ambiental y plan de manejo de llegar a requerirse.
- **Trámite de licencias y permisos.** Deberá incluir las visitas de campo, los impuestos y demás requisitos exigidos por las Autoridades Ambientales y Municipales.

- **Construcción Obras de adecuación.** Deberá incluir todas las actividades requeridas como descapotes, excavaciones, construcción de filtros, tala de árboles, zanjas de coronación, drenajes, cunetas, encoles, descoles, trinchos, gaviones, jarillones etc que sean necesarios para la correcta operación en condiciones satisfactorias y según requerimientos de las Autoridades correspondientes y en concordancia con el EIA y el PMA del lote si es el caso.
- **Construcción de obras temporales y definitivas requeridas.** Son todas aquellas obras físicas necesarias para la operación del botadero como portería, accesos, vías internas, campamentos, almacenes, depósitos de equipos y herramientas, oficinas administrativas, guajes, desarenadores, tanques de almacenamiento, conducciones de agua, energía, aguas servidas, pozos sépticos, cerramientos etc.
- **Dotación de servicios públicos.** Corresponde a la disposición en el lugar de los servicios de agua potable, agua industrial no potable, energía, teléfono y alcantarillado mediante redes domiciliarias o de otra índole.
- **Maquinaria, equipo y Herramienta.** Considera todos aquellos elementos que hacen necesaria la operación como Bulldozer, retro-excavadora, bombas, cilindros compactadores, niveladoras, coches, herramienta menor etc.
- **Mano de obra.** Serán las personas requeridas para garantizar la operación de la zona de depósito, como ayudantes, oficiales, encargados, administradores etc, vigilantes, control de ingreso y salida, limpieza de vehículos a su salida, operadores de bombas, etc.

Descripción general

Los materiales sobrantes provenientes de la explanación, excavación, derrumbes, demoliciones, fresados, entre otros, que deben ser dispuestos en un lugar adecuado para efectos de mitigar el impacto ambiental que el proceso constructivo produciría si estos no fueran dispuestos adecuadamente.

Para la adecuada disposición de los materiales sobrantes provenientes de las actividades propias del proyecto, se requiere de un lote de terreno que posea licencia de operación y funcionamiento para prestar el servicio de “Zona de depósito”, provisto de los estudios, permisos, licencia y demás requisitos vigentes exigidos tanto por la Autoridad Ambiental como por la Municipalidad de la Jurisdicción.

Materiales

El precio unitario de esta especificación particular incluye todos los materiales requeridos para adecuar el lote y la construcción de obras temporales o definitivas etc, pero no serán objeto de medida ni de pago separado, pues se consideran incluidos en el análisis unitario respectivo en los costos por concepto de “Obras de adecuación lote”, “Construcciones temporales”, “Dotación servicios públicos”, independientemente de las cantidades ejecutadas y del tipo de actividades que se requieran. La Interventoría podrá en todo momento vigilar y supervisar que dichas obras sean ejecutadas en concordancia con los permisos, licencias y demás aspectos a que este obligado el particular propietario de la licencia.

Equipos

El precio unitario de esta especificación particular incluye todos los equipos requeridos para adecuar el lote, para la construcción de obras temporales o definitivas así como para las actividades de riego, conformación y compactación etc., pero no serán objeto de medida ni de pago separado, pues se consideran incluidos en el análisis unitario respectivo en los costos de "Equipos para trabajos de disposición", independientemente del tipo de equipo requerido, sus rendimientos y las dedicaciones que la actividad requieran. La Interventoría podrá en todo momento vigilar y supervisar que el equipo requerido tenga la tipología requerida y se encuentre en condiciones aptas para trabajar.

Limitaciones de la ejecución y desperdicios

Todos los trabajos terminados que se presentan para la aceptación del cliente deberán lucir ordenados, libres de herramientas, desperdicios propios de la labor y de la suciedad, y elementos extraños.

El contratista deberá asumir los gastos de logística y disposición de desperdicios en caso de ser necesario.

Mano de obra

El costo incluye el uso de todos los equipos propios o alquilados necesarios, transportes a campo e internos, materiales descritos, mano de obra y en general cualquier costo relacionado con la ejecución de los trabajos bajo el alcance de este ítem.

Procedimiento de ejecución

Los trabajos conformación de sitios de disposición de sobrantes provenientes de la explanación, excavación, derrumbes, demoliciones, fresados, entre otros, se realizarán a cielo abierto y en condiciones de luz solar. Eventualmente, si las condiciones del proyecto lo exigen y a juicio de la Interventoría, podría autorizarse el trabajo nocturno en la zona de depósito previa disposición en el lugar de la infraestructura requerida para que, mediante iluminación artificial, se propicien las condiciones para que la actividad pueda desarrollarse en condiciones de seguridad y confiabilidad.

Una vez el material se halla transportado hasta la zona del depósito, se procederá a vaciarlo desde las volquetas en las zonas que el operador indique. Una vez vaciado, se procederá con los equipos dispuestos en la zona de depósito a regarlo en capas, conformándolo adecuadamente, las cuales se irán compactando en forma simultánea con el riego y conformación y así sucesivamente.

Las volquetas antes de abandonar la zona de depósito deberán ser objeto de lavado y retiro del material sobrante, mediante chorro de agua industrial a presión, para minimizar el desprendimiento de material sólido sobre las vías públicas que conducen nuevamente hacia el sitio de la obra.

Medida y forma de pago

Medida

La unidad de medida para la actividad “CONFORMACIÓN DE SITIOS DE DISPOSICIÓN DE SOBRANTES, INCLUYE LAS REGALÍAS” será el metro cúbico compacto (m^3) medido en banco aproximado al metro cúbico completo, de material llevado por el contratista a la zona de botadero, dispuesto adecuadamente y verificado por el Interventor, en los términos aquí contenidos.

El pago se hará al precio unitario pactado en el contrato, por volumen cuantificado, revisado y verificado por la Interventoría. El precio unitario incluirá todos los equipos, materiales, mano de obra etc., requeridos para su ejecución en los términos aquí contenidos.

Ítem y unidad de pago

5.P1	Conformación de sitios de disposición de sobrantes, incluye regalías	M3
------	--	----

900.P TRANSPORTE DE MATERIALES

Se particulariza los siguientes ítems del artículo 900 de las especificaciones generales de construcción de INVIAS, el resto de los numerales queda igual.

900.1. Generalidades

Este trabajo consiste transporte de los materiales necesarios para la ejecución de la obra desde la planta, la mina o la cantera hasta el sitio de la obra.

Ítem de Pago

El precio unitario del transporte deberá cubrir todos los costos por concepto de cargue, acarreo libre, y descargue de los materiales en la zona del proyecto o el sitio de la obra; la mano de obra, equipos y herramientas, así como los costos de administración, imprevistos y utilidad del Constructor.

Nota: No se reconocerán distancias de acarreo mayores a 40 Km para el material granular ni distancias mayores a 150 Km para la mezcla asfáltica

900.P3	Transporte de material granular	Metro cubico (m^3) – Kilometro (m^3 – km)
900.P4	Transporte de la mezcla	Metro cubico (m^3) – Kilometro (m^3 – km)



Manuel Santiago Velasco Ayerbe

CC. 10.298.872

M.P: 19202-138955CAU

NOTAS:

1. TODAS LAS MEDIDAS Y NÚMEROS ESTÁN DADOS EN MÉTRICOS, EXCEPTO DONDE SE INDIQUE UNA UNIDAD DIFERENTE.
2. EL CONTRATISTA DE LA CONSTRUCCIÓN DEBERÁ VERIFICAR TODAS LAS DIMENSIONES, NÚMEROS Y CANTIDADES DEL PROYECTO.

CLÁUSULA MODIFICACION SEÑALAZO EN OTRA PAGINA

Cerramiento



JUAN CARLOS LÓPEZ CASTRILLO
ALCALDE

Zona Verde

M2 L=3.0m

M1 L=7.00m

Andén en concreto

LOCALIZACIÓN EN PLANTA MUROS M1 Y M2

ESC. 1:50

CALZADA

10.00

NOTAS:

1. TODAS LAS MEDIDAS Y NÚMEROS ESTÁN DADOS EN METROS, EXCEPTO DONDE SE INDIQUE UNA UNIDAD DIFERENTE.
2. EL CONTRASTISTA DE LA CONSTRUCCIÓN DEBERÁ VERIFICAR TODAS LAS DIMENSIONES, NÚMEROS Y CANTIDADES DEL PROYECTO.
3. CUALQUIER MODIFICACIÓN REALIZADA EN OBRA DEBERÁ SER INFORMADA AL INVENTOR PARA SU RESPECTIVA REVISIÓN Y APROBACIÓN.
4. SE DEBERÁ COLOCAR UNA CAPA DE CONCRETO BASTANTE DE ESPESOR 0.05 m, SOBRE LA SUPERFICIE DE EXCAVACIÓN PARA LOS ELEMENTOS DE ORIENTACIÓN.
5. LA UNIFICACIÓN FINAL DE LOS MUROS PODRÁ HACERSE EN OBRA Y SEER EL CONSTRUCTOR, QUIEN DEBERÁ INFORMAR AL INGENIERO CALCULISTA PARA SU VERIFICACIÓN.
6. EN CASO DE ENCONTRAR CONDICIONES DE SUELO DIFERENTE A LAS PREVISTAS EN EL PRESENTE DISEÑO SE DEBE CONSULTAR A LOS PROFESIONALES CORRESPONDIENTES.
7. LA ESTABILIDAD DE LA OBRA DURANTE EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN SEER RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA DE LA CONSTRUCCIÓN.
8. LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN SEER PROYECTOS POR EL CONTRASTISTA Y ARREGLOS POR LA INTERVENORA.

MATERIALES:

1. SOLADO DE LÚPULA $\alpha = 0.05 \text{ m}^2 \text{ a } 1.25 \text{ Mo}$
2. Grava conceto 3000 psi
3. Grava conceto 60-40

LOCALIZACION:



PROYECTO:

CONSTRUCCION DE MUROS DE
CONTENCION EN CONCRETO
CICLOPEO Y ANDEN FRENTE A
LA SEDE PRINCIPAL INSTITUCION
EDUCATIVA JULUMITO

NE

PLANTA DE LOCALIZACIÓN SECCIÓN MUROS M1 Y M2 SECTOR

MODIFICACIONES

CHIA

ARCHIVOS DE REFERENCIA

30

Ing. CARLOS ALBERTO CORDOBA MUÑOZ
SECRETARIO DE INFRAESTRUCTURA - ALCALDIA DE POPAYAN

Web

USUARIO: Jenny Alexandra Ciaros Rodriguez
ING. JENNY CIAROS RODRIGUEZ
INGENIERA CIVIL ESPECIALISTA EN ESTRUCTURAS
M.P. 18202 - 056750 CAU

MJP. 19202 - 356750 CNU

M.P. 19202 - 356750 CML

NE

DESPICE_DE_MUROS

CADAS

020

○

[illegible]

PLANO

ANCHL

2