ESPECIFICACIONE TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN Y PROCESO CONSTRUCTIVO

MEJORAMIENTO DE LA MALLA VIAL EN LOS BARRIOS LOS MANGOS, LA CONCORDIA Y EL SILENCIO EN EL MUNICIPIO DE EL CARMEN DE BOLÍVAR, DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR

El Carmen de Bolívar
2025

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 4
2. LINEAMIENTOS GENERALES 5
GENERALIDADES DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN 5
PLANOS Y DISCREPANCIAS 5
SISTEMA DE MEDIDA Y PAGO 5
3. EJECUCIÓN DE LA OBRA 6
4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARTICULARES 9
CAPITULO DE PRELIMINARES 10
ITEM 1,1 - TRAZADO, LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO DE VÍAS URBANAS (Especificación Part 1,1) 10
CAPITULO DE COMPLEMENTARIAS 12
ITEM 5,1 - REMPLAZO DE ACOMETIDAS DE ACUEDUCTO EN TUBERÍA EN POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PEAD DE 1/2 PULGADA (Especificación Part 1,2) 12
ITEM 5,2 - NIVELACIÓN Y RECONSTRUCCIÓN DE TAPAS DE POZOS DE INSPECCIÓN DE ALCANTARILLADO, INCLUYE ACERO DE REFUERZO DOBLE PARRILLA EN ACERO DE 1/2" @ 20CM Y TAPA DE HIERRO DÚCTIL 70 CM DIÁMETRO (Especificación Part 1,3) 14
ITEM 5,3 - NIVELACIÓN Y REUBICACIÓN DE REGISTROS SANITARIOS DOMICILIARIOS (Especificación Part 1,4) 16
ITEM 5,5 - NIVELACION Y REUBICACION DE REGISTRO DE AGUA POTABLE (Especificación Part 1,5) 17
ITEM 5,6 - REUBICACION DE POSTES EN CONCRETO, INCLURE ARRIMADA, INCADA Y PLOMADA (Especificación Part 1,6) 19
ITEM 5,9 - REDUCTORES DE VELOCIDAD PLÁSTICO TIPO RESALTO (Especificación Part 1,6) 21
ITEM 5,1 - LIMPIEZA GENERAL (Especificación Part 1,7) 23

5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS INVIAS 25

CAPITULO DE PRELIMINARES 25

ITEM 1,2 - CORTE Y DEMOLICIÓN MANUAL DE TERRAZAS Y ANDENES (NO INCLUYE DESALOJO) (Especificación INVIAS ART. 201) 25

CAPITULO DE MOVIMIENTOS DE TIERRA 39

ITEM 2,1 - EXCAVACIÓN A MÁQUINA DE MATERIAL COMÚN SECO PARA CALZADA (Especificación INVIAS ART.210) 39

ITEM 2,2 - EXCAVACIÓN MANUAL EN MATERIAL COMÚN SECO PARA ANDENES (Especificación INVIAS ART.600) 61

ITEM 2,3 - CARGUE, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE MATERIAL SOBRANTE EN SITIO AUTORIZADO POR LA AUTORIDAD AMBIENTAL PERTINENTE (Especificación INVIAS ART.900) 74

ITEM 2,4 - CONFORMACIÓN DE LA SUBRASANTE AL 90% DEL ENSAYO PROCTOR ESTÁNDAR (INV E-142) (Especificación INVIAS ART.310) 80

CAPITULO DE RELLENOS 83

ITEM 3,1 - MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON 20 CM DE ESPESOR CON MATERIAL SELECCIONADO INVIAS ART 220 (Especificación INVIAS ART.230) 84

ITEM 3,2 - RELLENO CON SUB-BASE TIPO INVIAS 0,3 CM DE ESPESOR, CONFORMADO Y COMPACTADO AL 95% DE SU PROCTOR MODIFICADO (Especificación INVIAS ART.320) 92

ITEM 3,3 - RELLENO CON MATERIAL SELECCIONADO TIPO INVIAS, E=0,10M PARA ANDENES (Especificación INVIAS ART.320) 105

CAPITULO DE CONCRETOS Y ACEROS 118

ITEM 4,1 - PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO CON MÓDULO DE ROTURA DE 4,0 MPA, ESPESOR DE 20 CENTÍMETROS, INCLUYE CORTE Y SELLADO DE JUNTAS, ANTISOL ROJO Y PLASTICO NEGRO A LO LARGO DE LA CALZADA (Especificación INVIAS ART.500) 118

ITEM 4,2 - ACERO DE REFUERZO FY 60.000 PSI, PARA DOVELAS DE TRANSFERENCIA DE CARGA (1"), BARRAS DE AMARRE (1/2"), REFUERZO CON VARILLA CORRUGADA DE 1/2" A CADA 20 CM EN AMBOS SENTIDOS PARA LOSAS IRREGULARES. (Especificación INVIAS ART.640) 178

ITEM 4,3 - BORDILLO EN CONCRETO DE 3000PSI CON DIMENSIONES DE 15X20 CM (NO INCUYE REFUERZO) (Especificación INVIAS ART.672) 189

ITEM 4,4 - CONSTRUCCIÓN DE ANDENES EN CONCRETO DE 3000 PSI CON ESPESOR DE 10 CM (INCLUYE MALLA ELECTROSOLDADA) (Especificación INVIAS ART.500)..... 196

ITEM 4,5 - CONSTRUCCIÓN DE RAMPA DE ACCESO EN CONCRETO 3,8 MPA, ESPESOR DE 10 CENTÍMETROS DE ACUERDO A ESPECIFICACIONES DE DISEÑO (Especificación INVIAS ART.630) 256

CAPITULO DE COMPLEMENTARIAS 316

ITEM 5,4 - SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE GEOTEXTIL TR2400, O SIMILAR, SEGÚN LAS ESPECIFICACIONES DEL INVIAS (ARTICULO 231) (Especificación INVIAS ART.231) 316

ITEM 5,7 - SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE PINTURA DE TRÁFICO PARA LÍNEA DE DEMARCACIÓN REFLECTORIZADA CON MICROESFERAS DE VIDRIO (ARTÍCULO 700 DEL INVIAS) (Especificación INVIAS ART.700)..... 327

ITEM 5,8 - SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SEÑALES VERTICALES DE TRÁNSITO CON TABLERO TIPO I (ARTICULO 710 DEL INVIAS) (Especificación INVIAS ART.710)..... 348

6. CONCLUSIONES..... 359

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de un proyecto de construcción tanto las especificaciones técnicas y los planos son documentos fundamentales dentro del contrato. Los planos son la representación gráfica de un proyecto, donde se muestra con precisión el diseño, la ubicación, las dimensiones y sus demás relaciones con otros elementos del proyecto. Las especificaciones, por otro lado, establecen las exigencias de calidad en dicha construcción, ya que definen lo que el propietario desea. Ambos, planos y especificaciones, se complementan mutuamente y son empleados de manera conjunta proporcionando una completa y verdadera descripción acerca de lo que se va a construir.

Para adelantar la VIA con objeto ‘‘MEJORAMIENTO DE LA MALLA VIAL EN LOS BARRIOS LOS MANGOS, LA CONCORDIA Y EL SILENCIO EN EL MUNICIPIO DE EL CARMEN DE BOLÍVAR, DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR’’ se debe desarrollar una serie de actividades para la construcción e instalación de elementos estructurales en los que se desarrollaran actividades como excavaciones, construcción de obras de concreto reforzado y se llenaran los espacios dejados con crudo de cantera, haciendo la correspondiente conformación y compactación de manera que los automotores puedan circular sin restricciones

A continuación se hará descripción de procedimientos de trabajo para la ejecución de las actividades incluidas en los estudios y diseños, estos son divididos en tres grupos a saber; -Trabajos preliminares de localización, movimientos de tierras y excavaciones, - Construcción de obras de concreto reforzado, el llenado de los espacios dejaros por la obras construidas y como etapa final agregar una capa de afirmado con crudo de rio; durante todo el proceso de intervención se hará una demarcación y señalización de la vía para brindar seguridad a los usuarios de la misma.

2. LINEAMIENTOS GENERALES

GENERALIDADES DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN

Es responsabilidad del Contratista realizar todos los trámites y acciones necesarias, para obtener las autorizaciones previas al inicio de obras o producto de las mismas, ante las diferentes Empresas de Servicios Públicos para la ejecución de demoliciones, traslado de árboles, intervención de redes existentes, etc. En el caso de trabajos nocturnos, el Contratista cumplirá con las disposiciones del Artículo de INVIAS 105.9 "Trabajos Nocturnos".

PLANOS Y DISCREPANCIAS

En el caso de existir diferencias entre las especificaciones y los planos, prevalecerán las indicaciones de las especificaciones. Cuando existan discrepancias entre el plano técnico y el plano arquitectónico, prevalecerán los planos técnicos, cuando las diferencias sean de carácter técnico.

SISTEMA DE MEDIDA Y PAGO

Es responsabilidad del Interventor medir físicamente en obra y en presencia del Contratista, todas las labores realmente ejecutadas.
El Interventor podrá recibirlas a total satisfacción, siempre y cuando el Contratista haya cumplido con cada una de las características que se señalan en las especificaciones, planos, detalles y normatividades, además, de las directrices que se enmarcan en el contrato

3. EJECUCIÓN DE LA OBRA

Para la ejecución de la obra, el Contratista deberá ceñirse estrictamente a lo establecido en cada uno de los capítulos contenidos en las presentes especificaciones técnicas, así como a los planos generales del proyecto, incluyendo sus respectivas acotaciones, niveles de referencia, ejes de replanteo y detalles constructivos.
Todo el desarrollo de las actividades constructivas deberá realizarse conforme a la información técnica y los dimensionamientos allí consignados, garantizando el cumplimiento de los estándares de calidad exigidos por la entidad contratante.

A continuación, se presenta la descripción de cada uno de los ítems que conforman el proyecto:

ITEM	ESPECIFICACION		DESCRIPCION	UNIDAD
	INVIAS	PART		
1			**PRELIMINARES**	
1,1		Part. 1,1	Trazado, localización y replanteo de vías urbanas	M2
1,2	ART. 201		Corte y demolición manual de terrazas y andenes (No incluye desalojo)	M2
2			**MOVIMIENTOS DE TIERRA**	
2,1	ART.210		Excavación a máquina de material común seco para calzada	M3
2,2	ART.600		Excavación manual en material común seco para andenes	M3
2,3	ART.900		Cargue, transporte y disposición final de material sobrante en sitio autorizado por la autoridad ambiental pertinente	M3/KM
2,4	ART.310		Conformación de la subrasante al 90% del ensayo Proctor estándar (INV E-142)	M2
3			**RELLENOS**	
3,1	ART.230		Mejoramiento de la subrasante con 20 cm de espesor con material seleccionado INVIAS ART 220	M3

ITEM	ESPECIFICACION		DESCRIPCION	UNIDAD
	INVIAS	PART		
3,2	ART.320		Relleno con sub-base tipo INVIAS 0,3 cm de espesor, conformado y compactado al 95% de su proctor modificado	M3
3,3	ART.320		Relleno con material seleccionado tipo INVIAS, e=0,10m para andenes	M3
4			**CONCRETOS Y ACEROS**	
4,1	ART.500		Pavimento en concreto rígido con módulo de rotura de 4,0 MPa, espesor de 20 centímetros, incluye corte y sellado de juntas, antisol rojo y plastico negro a lo largo de la calzada	M3
4,2	ART.640		Acero de Refuerzo Fy 60.000 Psi, Para Dovelas de transferencia de carga (1"), Barras de amarre (1/2"), Refuerzo con varilla corrugada de 1/2" a cada 20 cm en ambos sentidos para losas irregulares.	KG
4,3	ART.672		Bordillo en concreto de 3000PSI con dimensiones de 15x20 cm (no incuye refuerzo)	M
4,4	ART.500		Construcción de andenes en concreto de 3000 PSI con espesor de 10 cm (incluye malla electrosoldada)	M2
4,5	ART.630		Construcción de rampa de acceso en concreto 3,8 Mpa, espesor de 10 centímetros de acuerdo a especificaciones de diseño	M2
5			**COMPLEMENTARIAS**	
5,1		Part 1,2	Remplazo de acometidas de acueducto en tubería en polietileno de alta densidad PEAD de 1/2 pulgada	UN
5,2		Part 1,3	Nivelación y reconstrucción de tapas de pozos de inspección de alcantarillado, incluye acero de refuerzo doble parrilla en acero de 1/2" @ 20cm y tapa de hierro dúctil 70 cm diámetro	UN
5,3		Part 1,4	Nivelación y reubicación de registros sanitarios domiciliarios	UN
5,4	ART.231		Suministro y colocación de geotextil TR2400, o similar, según las especificaciones del INVIAS (Articulo 231)	M2

ITEM	ESPECIFICACION		DESCRIPCION	UNIDAD
	INVIAS	PART		
5,5		Part 1,5	Nivelacion y reubicacion de registro de agua potable	M
5,6		Part 1,6	Reubicacion de postes en concreto, inclure arrimada, incada y plomada	UN
5,7	ART.700		Suministro y aplicación de pintura de tráfico para línea de demarcación reflectorizada con microesferas de vidrio (Artículo 700 del INVIAS)	M
5,8	ART.710		Suministro e instalación de señales verticales de tránsito con tablero Tipo I (Articulo 710 del INVIAS)	UN
5,9		Part 1,6	Reductores de velocidad plástico tipo Resalto	UN
5,10		Part 1,7	Limpieza general	M2

4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARTICULARES

En el proceso de estructuración técnica y presupuestal de proyectos de infraestructura urbana y vial dentro del municipio de El Carmen de Bolívar, se ha identificado que ciertos ítems de obra requeridos para el desarrollo integral de los proyectos no cuentan con especificaciones técnicas definidas dentro del manual de especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto Nacional de Vías – INVIAS.

Dado lo anterior, y en concordancia con las competencias municipales en materia de planeación y formulación de proyectos, los ítems que no se encuentran cubiertos por el marco técnico INVIAS serán desarrollados y adoptados como especificaciones particulares, ajustadas a las condiciones técnicas, normativas y operativas locales.

Estas especificaciones particulares recogen los aspectos constructivos, normativos y de calidad necesarios para garantizar la correcta ejecución de las actividades, así como su compatibilidad con el entorno urbano, las redes de servicios públicos existentes y los estándares de seguridad aplicables.

A continuación, se presentan los ítems que serán tratados bajo especificación particular:

CAPITULO DE PRELIMINARES

ITEM 1,1 - TRAZADO, LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO DE VÍAS URBANAS (Especificación Part 1,1)

UNIDAD DE MEDIDA
Metro cuadrado (m²)

DESCRIPCIÓN:
Este ítem comprende todas las actividades necesarias para el traslado al terreno de la geometría proyectada de una vía urbana, incluyendo su eje, alineaciones, anchos, cotas de nivel, radios, pendientes y otros elementos geométricos, de acuerdo con los planos de diseño y especificaciones técnicas.
Incluye el trazado, localización, replanteo y control planimétrico y altimétrico permanente durante la construcción de la vía, así como la instalación de puntos de control y elaboración de planos as-built al finalizar la obra.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

- Obtener aprobación formal del punto de inicio por parte de la interventoría.
- Localizar puntos de referencia y bancos de nivel previamente establecidos por el levantamiento topográfico de diseño.
- Establecer el eje de la vía y sus elementos asociados (andenes, sardineles, bordillos, accesos).
- Marcar en campo las alineaciones horizontales y verticales de acuerdo con planos de diseño.
- Establecer estacas de control cada 10 a 20 metros o según requerimiento del proyecto.
- Replantear cortes, rellenos y niveles de subrasante, subbase y otras capas, garantizando el cumplimiento de tolerancias.
- Mantener el control topográfico durante todo el proceso constructivo, actualizando los datos conforme avanza la obra.

- Elaborar informe final, carteras topográficas y planos as-built con la geometría final ejecutada.

EQUIPOS

- Estación total, nivel óptico o nivel digital
- GPS diferencial (si aplica)
- Wincha, jalones, niveles, prismas
- Herramientas menores: cintas métricas, tiza, pintura de marcación

MANO DE OBRA

Se requiere un topógrafo profesional o técnico en topografía, asistido por auxiliares capacitados. El contratista deberá asumir los costos del personal, incluyendo la elaboración de informes y entrega de productos finales (as-built).

MEDIDA Y FORMA DE PAGO

La medición se hará por metro cuadrado (m²) de área efectivamente replanteada, conforme a los planos de diseño y verificación de la interventoría.

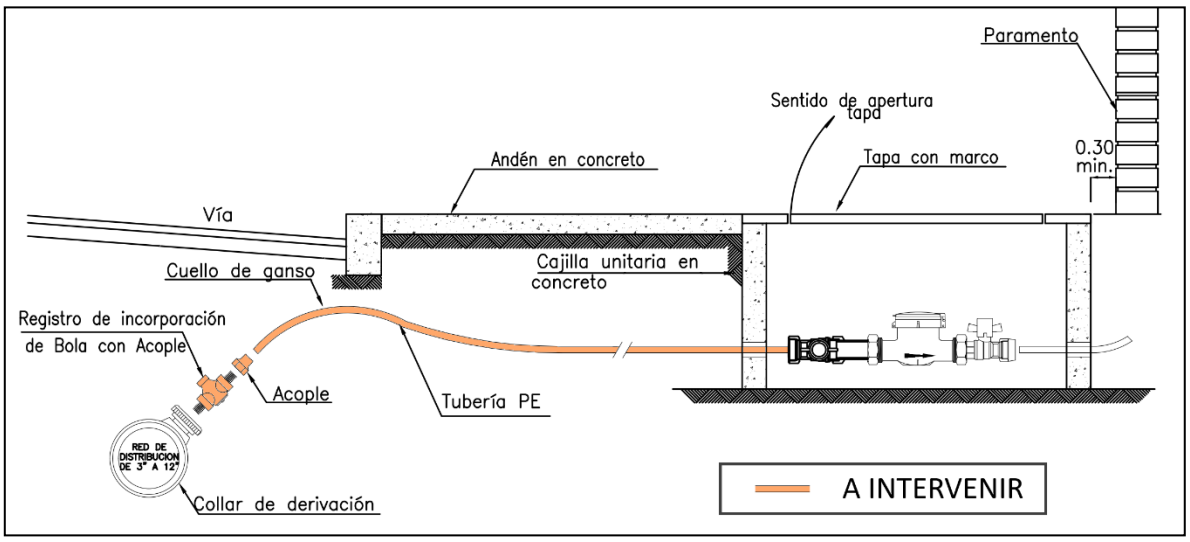
El valor unitario incluye todas las actividades necesarias: levantamiento de control, marcación, señalización, equipos, personal, elaboración de carteras topográficas e informes finales.

CAPITULO DE COMPLEMENTARIAS

ITEM 5,1 - REMPLAZO DE ACOMETIDAS DE ACUEDUCTO EN TUBERÍA EN POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PEAD DE 1/2 PULGADA (Especificación Part 1,2)

DESCRIPCIÓN

Esta actividad consiste en la identificación de la red, corte y reinstalación de la tubería de conexión domiciliaria del servicio público de agua potable, con el fin de profundización la tubería para garantizar la integridad de la res durante la construcción y puesta en marcha de la vía a construir.



MATERIALES Y HERRAMIENTAS

Acometida de ½ con medidor en el piso

- Tubería de polietileno PE (5 metros)
- Registro de incorporación de ½”x16mm
- Acople de ½”
- Cinta teflón en cantidades adecuada para evitar escapes
- Herramientas menores

NOTA: No se permiten uniones de reparación sobre el área de pavimento a construir.

PROCESO CONSTRUCTIVO

- Excavación manual
- Inspección visual por parte del residente contratista y la interventoría
- Reubicación o profundización de la acometida existente con la debida autorización de la interventoría
- Corte de la red existente
- Instalación de la nueva red
- Relleno y compactación con material seleccionado

MEDIDA Y FORMA DE PAGO

Se medirá y pagará por unidad (UN) debidamente ejecutada y recibida a satisfacción por la residencia de interventoría. El valor será el precio unitario estipulado dentro del contrato e incluye:

- Materiales descritos previamente.
- Mano de obra.
- Transportes dentro y fuera de la obra.
- Mantenimiento y aseo durante el transcurso de la obra.
- Demolición y remoción del campamento al final de la obra.

ITEM 5,2 - NIVELACIÓN Y RECONSTRUCCIÓN DE TAPAS DE POZOS DE INSPECCIÓN DE ALCANTARILLADO, INCLUYE ACERO DE REFUERZO DOBLE PARRILLA EN ACERO DE 1/2" @ 20CM Y TAPA DE HIERRO DÚCTIL 70 CM DIÁMETRO (Especificación Part 1,3)

DESCRIPCIÓN

Este ítem hace referencia a la renivelación y reconstrucción de la cabeza de los pozos de inspección en concreto reforzado, cuyo cilindro guarda una sección típica 20 centímetros de espesor, diámetro interior de 1.2m o de 1.5m de acuerdo a los planos y a lo ordenado por la INTERVENTORÍA. La preparación y colocación del concreto deberá ajustarse a los requisitos dados en la Norma Sismorresistente colombiana en su versión vigente.

Los pozos de inspección deben estar constituidos por las siguientes partes:

- Un cilindro construido en concreto reforzado que cumpla con la Norma NSR en su versión vigente y con las especificaciones de diseño, impermeabilizado totalmente.

- Los pozos deben estar totalmente cilíndricos, con un diámetro interior de 1.2 m (en los casos en que lo señalen los planos serán de 1.5m de diámetro), con la dimensión que se indique en los planos, deben quedar revestidos internamente por pañete impermeabilizado de 1 a 2cm de espesor.

- Una tapa de acceso en hierro dúctil de acuerdo con lo señalado en los planos o en el diseño de 0.61 m de diámetro (D = 0.61m) con llave de seguridad. El refuerzo deberá presentar una resistencia a la flexión (fy) de 60.000 PSI, y estará dispuesto, figurado y armado según los respectivos planos, especificaciones y señalamientos de la INTERVENTORIA.

MATERIALES

- Concreto hidraulico
- Acero de Refuerzo de 60,000 psi
- Alambre negro
- Antisol blanco
- Mortero 1:3

MEDIDA Y FORMA DE PAGO

Se medirá y pagará por unidad (UN) debidamente ejecutada y recibida a satisfacción por la residencia de interventoría. El valor será el precio unitario estipulado dentro del contrato.

ITEM 5,3 - NIVELACIÓN Y REUBICACIÓN DE REGISTROS SANITARIOS DOMICILIARIOS (Especificación Part 1,4)

DESCRIPCIÓN

Esta actividad consiste en la reconstrucción y nivelación de los registros existentes que se vean afectados por la construcción de la vía a intervenir Se reconstruirán en bloque nº4, respectivamente pañetado y tapa concreto de 21 MPa y refuerzo de 60000 PSI, empleando impermeabilizante, distribuido de forma integral, en relación a los planos y a las especificaciones dadas por la INTERVENTORÍA.

No se aceptará que la tapa de un registro de inspección sea pegada ya que debe ser de fácil remoción. La tapa debe ajustarse perfectamente sobre el pañete del borde superior de la caja, de manera que el paso de gases u olores desagradables a la superficie no sea posible.

MATERIALES Y HERRAMIENTAS

- Concreto 3000 PSI
- Acero de Refuerzo de 60,000 psi
- Alambre negro
- Bloque de cemento No 4
- Mortero 1:3
- Herramientas menores

MEDIDA Y FORMA DE PAGO

Se medirá y pagará por unidad (UN) debidamente ejecutada y recibida a satisfacción por la residencia de interventoría. El valor será el precio unitario estipulado dentro del contrato e incluye:

- Materiales descritos previamente.
- Mano de obra.
- Transportes dentro y fuera de la obra.
- Mantenimiento y aseo durante el transcurso de la obra.
- Demolición y remoción del campamento al final de la obra.

ITEM 5,5 - NIVELACION Y REUBICACION DE REGISTRO DE AGUA POTABLE (Especificación Part 1,5)

UNIDAD DE MEDIDA

Unidad (und)

DESCRIPCIÓN:

Este ítem comprende todas las actividades necesarias para la nivelación o reubicación de los registros (cajas de inspección o válvulas domiciliarias) de la red de agua potable, con el fin de ajustarlos al nuevo nivel de vía, andén o espacio público, o para adecuarlos en una nueva localización, garantizando su correcto funcionamiento y accesibilidad.

Aplica tanto para cajas domiciliarias como para válvulas de operación (aislamiento o control) ubicadas en la zona de intervención del proyecto.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

- Localizar físicamente el registro existente mediante planos, topografía o inspección directa.
- Coordinar con la empresa prestadora del servicio (acueducto municipal) antes de intervenir el elemento.
- Excavar cuidadosamente alrededor del registro existente, liberando estructura y conexiones.
- En caso de nivelación, desmontar la tapa y elementos superiores, ajustar altura mediante anillos de concreto o mampostería, y reubicar la tapa a la nueva cota de diseño del andén o vía.
- En caso de reubicación, desinstalar el registro existente y reconectar la acometida a la nueva posición, utilizando tubería y accesorios del mismo tipo y diámetro que la red original.
- Verificar alineación, verticalidad, hermeticidad de conexiones, y funcionalidad operativa.
- Rellenar con material seleccionado y compactar en capas. Restituir el acabado superficial (pavimento, adoquín, concreto, etc.) según corresponda.
- Entregar el registro completamente funcional y accesible.

EQUIPOS

- Herramientas manuales: pica, pala, martillo, cortadora de concreto
- Nivel óptico o láser
- Mezcladora o herramientas para preparación de mortero
- Equipo de compactación manual (pisón o plancha vibratoria pequeña)

MANO DE OBRA

Oficial de plomería, ayudante de obra y operario civil con experiencia en redes hidráulicas. El contratista debe garantizar la aplicación de normas de seguridad industrial y prevención de daños a redes de servicios.

MEDIDA Y FORMA DE PAGO

La medición se efectuará por cada unidad (und) de registro de agua potable nivelado o reubicado y entregado en condiciones operativas.
El pago incluye: excavación, corte, desmontaje, suministro de materiales (tubería, mortero, anillos, tapas), mano de obra, relleno, compactación, restitución de acabados y coordinación con la empresa de servicios públicos.

NO CONFORMIDAD

Se considerará no conforme:

- Desalineación del registro con respecto a la vía/andén.
- Fugas, inestabilidad estructural o tapa mal nivelada.
- Intervención sin coordinación con el operador del servicio.

En estos casos, el contratista deberá rehacer la actividad a su costo, sin que ello implique modificación en tiempo ni valor del contrato.

ITEM 5,6 - REUBICACION DE POSTES EN CONCRETO, INCLURE ARRIMADA, INCADA Y PLOMADA (Especificación Part 1,6)

DESCRIPCIÓN

Comprende el traslado de postes para energía eléctrica, teléfonos, etc., que interfieren con los trabajos de explanaciones y ampliaciones de la calzada del proyecto; asimismo, comprende la reubicación de dichos postes en lugar seguro para restituir el servicio.

EQUIPOS

El contratista deberá suministrar todos los equipos y herramientas necesarios para realizar los trabajos a su cargo según las normas técnicas aplicables, y su costo deberá ser tenido en cuenta dentro de los precios cotizados.

FORMA DE EJECUCIÓN

Dentro de estos trabajos se debe incluir las siguientes actividades:

- Verificación para determinar los apoyos a retirar de acuerdo con los planos.
- Adecuación del área de trabajo y toma de medidas de seguridad, Se colocará las señales en toda el área de trabajo, considerando un área de influencia para la protección de personas y propiedades. En caso de trabajos durante horas de la noche, deberá mantenerse la señalización con luces intermitentes o antorchas para prevenir a las personas y vehículos que transiten en los alrededores.
- Antes de iniciar cualquier trabajo en la estructura o poste, es obligatorio conocer el nivel de tensión de las líneas. Las líneas y equipos eléctricos se consideran y deberán ser tratados como energizados, aun cuando no lo estén.
- Todo trabajo en estructura o poste se efectuará con dos personas como mínimo, el trabajador deberá estar asegurado a la estructura o poste con correa o arnés de seguridad en forma permanente mientras dure la labor en lo alto de la estructura

- La realización de trabajos en lo alto de la estructura o poste, requiere que el trabajador este en buen estado físico y anímico, provistos de óptimos implementos de seguridad y equipos de protección.
- La escalera deberá apoyarse a la estructura o poste a una distancia de H/4 de la altura de la escalera, asegurándose que las patas antideslizantes se encuentren en buen estado, y asegurarla al poste (amarrar).
- Desmonte de poste a retirar.
- Sellado de zanja donde está enterrado el poste y nivelación del terreno.
- Verificación de continuidad del servicio en infraestructura existente que permanece.

ENSAYOS Y PRUEBAS A REALIZAR

Se solicitará la inspección y aprobación de las obras en las siguientes etapas de ejecución.

- Desmonte del poste.
- Verificación de continuidad del servicio.
- Adecuación y nivelación del área que ocupa el poste.

ESPECIFICACIONES

En general, para el retiro de poste en sistema de distribución se aplicarán:

- Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE (Resolución No. 90708 del 30 de agosto de 2013 del Ministerio de Minas y Energía).
- Código Eléctrico Colombiano (Norma Técnica Colombiana NTC 2050, que está basada en la norma técnica NFPA 70).

FORMA DE PAGO

Este ítem se medira y pagará por unidad (UN) ejecutado, de acuerdo con los planos y las presentes especificaciones técnicas, será pagado a precio

unitario de la propuesta aceptada de acuerdo a lo señalado revisado y aprobado por el Supervisor de Obra, Dicho precio será compensación total por los materiales, mano de obra, herramientas, equipo y otros gastos que sean necesarios para la adecuada y correcta ejecución de los trabajos.

ITEM 5,9 - REDUCTORES DE VELOCIDAD PLÁSTICO TIPO RESALTO (Especificación Part 1,6)

DESCRIPCIÓN

Este capítulo consiste en el suministro e instalación de resaltos plásticos que permitirá la reducción considerable de las velocidades de operación, estos vendrán anclados a la estructura de pavimento y reforzados con epóxico para la perfecta adherencia de los pernos al concreto.

MATERIALES

El contratista proveerá todos los materiales, herramientas y equipo necesario para la limpieza de obra.

Las características de elemento de reducción se especifican a continuación:

- Materiales: Fabricado en plástico de alta resistencia.
- Posee platinas metálicas que evitan ruptura o desprendimiento.
- Dimensiones: 5 cm x 35 cm x 105 cm.
- Se incluyen pernos de fijación y cavidades para reflectivo.

PROCESO CONSTRUCTIVO

- Se realizará la limpieza de la superficie de anclaje previa a la ejecución, esta tendrá que ser lisa y uniforme, no se admitirá superficie que presente humedades.

- La condicion de aporbacion de esta será aprobada respectivamente por la interventoría.

- Mediante taladro percutor se realizarán lo orificios de los pernos de anclaje los cuales serán fijado con el uso de pegante epoxico.
- Se deberá garantizar la perfecta fijación por lo que se deberá guardar un tiempo prudente para la nueva puesta en marcha de la via, esta será autorizada por la interventoría o en su defecto por el supervisor.

MEDICION

Este ítem se medirá en Unidad ejecutada de dicha actividad, la cual se resalta que su aceptación será una vez se haya culminado la respetiva instalación.

FORMA DE PAGO

Este ítem se medirá y pagará por unidad (UN) ejecutado, de acuerdo con los planos y las presentes especificaciones técnicas, será pagado a precio unitario de la propuesta aceptada de acuerdo a lo señalado revisado y aprobado por el Supervisor de Obra, Dicho precio será compensación total por los materiales, mano de obra, herramientas, equipo y otros gastos que sean necesarios para la adecuada y correcta ejecución de los trabajos.

ITEM 5,1 - LIMPIEZA GENERAL (Especificación Part 1,7)

UNIDAD DE MEDIDA

Metro cuadrado (m²)

DESCRIPCIÓN:

Este ítem comprende la ejecución de todas las actividades de limpieza general necesarias durante y al finalizar las obras civiles, en áreas de intervención como vías, andenes, espacio público, zonas verdes, accesos, frentes de trabajo y áreas adyacentes.

Incluye la recolección y retiro de residuos sólidos, materiales de demolición, restos de concreto, tierra suelta, empaques, desechos de obra, maleza, lodo, materiales no reutilizables, así como la remoción de sedimentos u obstrucciones en cunetas, sumideros, registros y estructuras complementarias.

Aplica tanto para la limpieza periódica durante la obra como para la limpieza final de entrega.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

- Señalizar el área de trabajo y organizar el personal con los elementos de protección adecuados.
- Barrido manual o mecánico de polvo, residuos y materiales sobrantes.
- Recolección y retiro de elementos como maderas, guaduas, empaques, bolsas, escombros, plásticos y metales.
- Limpieza de registros, pozos, cunetas o sumideros obstruidos por materiales de obra.
- Cargue manual o mecánico de desechos no reutilizables y disposición en sitio autorizado.
- Lavado con agua (si es requerido y permitido) de superficies manchadas con concreto, mortero, aceites u otros residuos de construcción.
- Retiro de señalización temporal, cercas provisionales, herramientas y equipos menores al finalizar.

- Verificación con la interventoría del cumplimiento de la limpieza en cada frente antes de recibir la siguiente fase o la obra terminada.

EQUIPOS

- Escobas, palas, carretillas, bolsas industriales
- Baldes, mangueras, bombas de lavado (si aplica)
- Herramientas menores para desincrustar residuos
- Volquetas o medios de transporte para disposición
- Equipos de protección personal (EPP)
-

MANO DE OBRA

Personal auxiliar o cuadrillas de limpieza con experiencia en actividades de obra civil y espacio público.

El contratista deberá garantizar condiciones de seguridad industrial, orden y aseo continuo durante todo el proceso constructivo.

MEDIDA Y FORMA DE PAGO

La limpieza se medirá en metros cuadrados (m²) de área efectivamente limpiada y verificada por la interventoría, considerando limpieza completa de frentes de trabajo.

El valor unitario incluye: herramientas, personal, recolección, transporte, disposición de residuos y todos los costos necesarios para mantener y entregar la obra en condiciones óptimas de limpieza y presentación.

NO CONFORMIDAD

Se considera no conforme:

- La acumulación de residuos o escombros en zonas intervenidas.
- Registros, sumideros o cunetas obstruidas.
- Restos de materiales o manchas en superficies finales.
- Ausencia de limpieza final al momento de entrega.

Cualquier incumplimiento será corregido de inmediato por el contratista, sin que ello implique adición de recursos ni prórroga contractual.

5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS INVIAS

Los ítems del proyecto que se presentan a continuación cuentan con una especificación técnica definida en el Manual de Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS – Edición 2022, por lo cual, su ejecución se regirá estrictamente conforme a los lineamientos, criterios constructivos, exigencias de calidad, métodos de medición y forma de pago establecidos en dicho manual. Esta especificación será de obligatorio cumplimiento durante la ejecución del proyecto, y servirá como base para la supervisión, control y validación técnica por parte de la interventoría y la entidad contratante.

CAPITULO DE PRELIMINARES

ITEM 1,2 - CORTE Y DEMOLICIÓN MANUAL DE TERRAZAS Y ANDENES (NO INCLUYE DESALOJO) (Especificación INVIAS ART. 201)

Demolición y remoción

Artículo 201 – 22

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 y teniendo presente las disposiciones de orden ambiental de la Resolución 541 de 1994 y la Resolución 472 de 2017 (Programa de manejo ambiental de RCD antes denominado programa de manejo ambiental de materiales y elementos en la resolución 541 de 1994), en el que se establecen las disposiciones dirigidas al fortalecimiento de la gestión integral de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD); así como las especificaciones descritas en el artículo 106, Aspectos ambientales; dentro de las cuales se debe incluir:

- 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 almacenamiento de estructuras existentes.
- Remoción de cercas de alambre y otros obstáculos.
- Remoción de especies vegetales que no van a ser trasplantadas y 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.
- Se recomienda considerar las restricciones del uso de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) proveniente de materiales metálicos como aceros o los contaminados con residuos peligrosos.

El constructor debe identificar y conocer los sitios de disposición final, al igual que los gestores de RCD. Estos deben contar con los permisos vigentes de las autoridades competentes.

Si una vez cumplida la gestión integral de los RCD sigue existiendo material para disposición, el constructor debe seleccionar técnicamente el sitio de disposición final autorizado por la autoridad ambiental competente más cercano al frente de obra; adicionalmente, debe cumplir con las condiciones para su recolección y transporte, previstas en los lineamientos ambientales para la construcción de infraestructura del Programa Nacional de Transporte Urbano, emitido por el Ministerio de Transporte (Plan de manejo forestal, silvicultura y paisajístico, entre otros).

El constructor debe ubicar una Zona de Disposición de Material Sobrante de Obra Estéril (ZODME), para disponer el volumen sobrante de residuos resultantes de la actividad de excavación. Para tal fin, debe contar con un diseño técnico-ambiental aprobado por la interventoría, con la autorización de la autoridad ambiental competente y que tenga la certificación de la dependencia de planeación municipal, sobre compatibilidad de uso según el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) o Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio donde se ubica la ZODME, y en el documento END 098 del 2020, Guía para el desarrollo del plan de gestión de residuos para los proyectos de construcción, desmontaje y demolición.

El trabajo de remoción de especies vegetales situadas en áreas que son objeto de trabajos de desmonte y limpieza debe estar cubierto por el artículo 200, Desmonte y limpieza, de estas especificaciones.

El trabajo de remoción de especies vegetales que van a ser trasplantadas, debe estar 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 deben clasificar 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, según el interventor, sean aptos para rellenar y emparejar la zona de demolición u otras zonas del proyecto, se deben utilizar para este fin.

El material que suministre el constructor para el relleno de las zanjas, fosos y hoyos resultantes de los trabajos, debe tener la aprobación previa del interventor.

201.3 Equipo

Los equipos empleados por el constructor en esta actividad, deben 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 puede 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 deben utilizar equipos que no produzcan daño a estos elementos. Para la demolición de losas, se deben imple-

mentar equipos de tipo rompedoras como martillos demoledores o compresores, para los casos que sea necesario su uso, de acuerdo con procedimientos aprobados por el interventor.

Para el trabajo con equipos pesados en pavimentos rígidos, se deben suspender las actividades a una distancia igual a la equivalente a dos (2) losas del pavimento antes de los límites considerados para la remoción. En los demás casos, los trabajos de demolición se deben ejecutar mediante el uso de equipos y herramientas manuales u otros métodos que permitan retirar cuidadosamente las losas, sin afectar en forma alguna las adyacentes.

201.4 Ejecución de los trabajos

201.4.1 Generalidades

Antes de iniciar los trabajos de demolición de estructuras, el constructor debe elaborar un estudio de demolición en el cual se deben 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 es el 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 se encuentren previstos en los documentos del proyecto, ni sean necesarios para la ejecución de los trabajos contratados.

Los trabajos se deben 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 esta permanezca abierta al tránsito durante la construcción.

Cuando se especifique la remoción del pavimento de una sola vía, el constructor debe verificar, previamente, si existen barras de acero de amarre entre las losas adyacentes y proceder de acuerdo con ello. También debe considerar que la remoción tiene que extenderse hasta lograr que resulten juntas transversales coincidentes en los extremos de ambas losas. En ningún caso, se deben dejar losas de

menos de dos metros (2 m) de longitud. Cuando la remoción incluya fracciones de losas, el área a remover se debe delimitar con un precorte con sierra, de mínimo cinco milímetros (5 mm) de profundidad.

El constructor debe contar con un PMT e instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de Transporte, los cuales deben garantizar la seguridad permanente tanto del personal y de los equipos de construcción, como de los usuarios y transeúntes, durante las veinticuatro horas (24 h) del día.

Para actividades que no impliquen el cierre total de la vía, el interventor debe dar su visto bueno previo a la presentación de un PMT. Para casos que impliquen el cerramiento total de la vía, se deben tramitar los permisos correspondientes ante la autoridad competente y se debe presentar el PMT aprobado por el interventor.

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 debe coordinar y colaborar con las entidades encargadas del mantenimiento de tales servicios, para que las interrupciones sean mínimas.

Cuando se utilicen explosivos, se debe llevar un registro detallado de su clase, proveedor, existencias y consumo, así como de los demás accesorios requeridos. Estas labores de uso, manejo y almacenamiento deben ser realizadas por personas experimentadas, de manera que se sujeten a las leyes y reglamentos de las entidades que los controlan. Si la demolición aconseja el uso de explosivos, se puede recurrir a técnicas alternativas de fragmentación teniendo en cuenta la normativa vigente referente al uso de explosivos en la construcción; además se deben tener en cuenta todas las consideraciones de seguridad para uso y manejo de estos sistemas de demolición, todo trabajo realizado debe contar con previa aprobación de la interventoría.

Para el uso de explosivos, se deben atender las disposiciones normativas vigentes sobre el uso de explosivos, tales como el Decreto 2535 de 1993 y Decreto 334 de 2002, así como el uso de explosivos a cielo abierto del Decreto 2222 de 1993, y/o o las que le sustituyan, complementen o modifiquen; además de la cartilla de seguridad con explosivos 2019 del Ministerio del Trabajo y buenas prácticas con explosivos para demoliciones.

Al finalizar cada jornada de trabajo no deben quedar elementos de la obra en estado inestable o peligroso; en caso de requerir uso de agua para demolición, se recomienda el uso del agua de lluvia, como también evitar que los residuos y el agua utilizada contaminen los cuerpos hídricos.

Todos los procedimientos aplicados en el desarrollo de los trabajos de demolición y remoción deben ceñirse a las exigencias del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y a las normativas vigentes del orden nacional que rijan sobre las actividades de demolición y remoción.

201.4.2 Demolición total o parcial de estructuras existentes

El constructor debe instalar los elementos de protección e implementar el plan de señalización necesario para adelantar la actividad de forma segura, como establecer estrategias de reutilización o reciclaje de los materiales (residuos de demolición); además, debe reducir el uso de nuevos materiales en futuras construcciones con el fin de prolongar la vida útil del material con otro fin.

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 debe proteger las edificaciones y estructuras vecinas a las que se han de demoler y debe construir las defensas necesarias para su estabilidad y protección; de igual forma, debe tomar 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 deben 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 debe retirar todo escombro 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 deben ser neutralizadas, en acuerdo con las entidades administradoras o propietarias de estas. Posteriormente, las conexiones, así como los pozos sépticos u obras similares, deben ser removidos y, las zanjas resultantes, se deben rellenar con material adecuado, previamente aprobado por el interventor.

Las cavidades o depresiones resultantes de los trabajos de demolición se deben rellenar hasta el nivel del terreno circundante y si estas se encuentran dentro de los límites de un terraplén o debajo de la subrasante, el relleno se debe 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 puede 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 deben ser 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 deben ser demolidas hasta el fondo natural o lecho del río o quebrada, y las partes que se encuentren fuera de la corriente,

se deben 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 deben demoler hasta donde sea necesario, para permitir la construcción de la estructura proyectada.

Los cimientos y otras estructuras subterráneas deben demolerse 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 deben efectuar 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, deben quedar libres de fragmentos sueltos y listos para empalmar con las ampliaciones proyectadas.

Las demoliciones de estructuras se deben 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 y flexibles, pisos y andenes de concreto y bordillos

Los pavimentos rígidos y flexibles, andenes y bordillos de concreto, bases de concreto y otros elementos cuya demolición esté prevista en los documentos del proyecto, deben 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 y la normativa ambiental vigente. En caso de utilizar equipo pesado, el trabajo que se realice cerca a la demolición se debe suspender a una distancia prudente, el constructor debe atender las disposiciones del artículo 102, Aspectos generales de seguridad y salud, con el propósito de no causar daños ni a las estructuras próximas ni al personal de la obra.

En caso de que resulte dañada o removida una superficie mayor que la contemplada, su reposición se debe encontrar a cargo del constructor, cuando se encuentre a entera satisfacción del interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

Las áreas donde se remuevan andenes deben 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 debe exceder de dos tercios (2/3) del espesor de la

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

capa en la cual se vaya a colocar. En ningún caso, el volumen de los fragmentos debe exceder los 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, 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 debe hacer cuidadosamente y tomando las precauciones necesarias para evitar que se maltrate o rompa. La alcantarilla que vaya a ser colocada nuevamente, se debe trasladar y almacenar cuando sea necesario, para evitar pérdidas o daños, antes de ser instalada de nuevo. El constructor debe 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

Para el caso de la remoción de especies vegetales y en complemento a lo estimado en el artículo 200, los árboles talados que sean susceptibles de aprovechamiento deben ser despojados de sus ramas y cortados en trozos de tamaño conveniente, los que deben 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 se debe retirar del lugar de los trabajos y debe ser transportado y depositado en los lugares establecidos en los documentos del proyecto o señalados por el interventor, donde dichos materiales son enterrados convenientemente, extendiéndolos en capas dispuestas de forma que se reduzca al mínimo la formación de huecos. Cada capa se debe 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 deben ser extendidos 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 deben eliminar hasta la profundidad que se indique en los documentos del proyecto, la cual no debe ser menor de treinta centímetros (30 cm) por debajo del nivel apoyo de los terraplenes, de las estructuras o de los rellenos de cimentación de estas.

Todos los troncos que estén en la zona del proyecto, pero por fuera de las áreas de excavación, terraplenes o estructuras, se pueden 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 deben rellenar hasta el nivel del terreno circundante y, si estas se encuentran dentro de los límites de un terraplén o debajo de la subrasante, el relleno se debe compactar de acuerdo con los requisitos aplicables del artículo 220.

El trabajo de trasplante de especies vegetales que deban ser conservadas (que incluye remoción, traslado y plantación en otro sitio) debe ser cubierto por el artículo 203.

201.4.5 Remoción de cercas de alambre

El constructor debe remover, trasladar y reinstalar las cercas de alambre en los nuevos emplazamientos, cuando ello se considere en los documentos del proyecto o lo señale el interventor. El traslado se debe realizar evitando maltratos innecesarios a las partes que sean manipuladas o transportadas. Si la reinstalación no está prevista, los elementos removidos se deben ubicar 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 debe realizar con un material similar al circundante. En caso de ser reinstaladas las cercas de alambre, estas deben de cumplir con lo especificado en el artículo 800, Cercas de Alambre, de estas especificaciones.

201.4.6 Remoción de obstáculos

Según se muestre en los planos o en las especificaciones particulares, el constructor debe eliminar, retirar o recolocar obstáculos individuales tales como postes de kilometraje, señales, monumentos y otros. Cuando estos no se deban remover, el constructor debe 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 debe 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 debe efectuar sin la autorización escrita de la entidad prestadora de servicios afectada y se deben seguir las indicaciones de esta 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 debe 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 debe proceder 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 puede proceder 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 debe gestionar todos los permisos para la ejecución de esta labor ante la entidad competente.

Esta actividad debe incluir, también, la demolición de los soportes de dichos elementos que se convierten 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 estos que no sean reutilizables.

El constructor debe solicitar al propietario o concesionario correspondiente, la realización de las modificaciones necesarias de las redes con la debida anticipación. Los traslados de las redes deben ser ejecutados directamente por el propietario o por el concesionario de la instalación o por quien él faculte de manera expresa, con la debida autorización del interventor.

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 debe 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 debe verificar la señalización y la implementación del plan estratégico de seguridad vial del área de seguridad y salud en el trabajo, según lo dispuesto en el ordinal 201.4.1 de este artículo, también debe proceder a retirar todas las defensas metálicas y barreras de seguridad existentes en las áreas afectadas.

La remoción de estos elementos se debe realizar empleando procedimientos que eviten todo daño innecesario o no previsto. Las defensas se deben desarmar cuidadosamente y, a continuación, el constructor debe proceder a excavar alrededor de los postes que las sustentaban, para poder retirarlos sin producirles ningún daño.

Si el proyecto contempla la rehabilitación y reinstalación de los elementos retirados, es responsabilidad del constructor su traslado, almacenamiento, limpieza y cuidado hasta el momento de su nueva reinstalación, actividades cuyo costo se debe encontrar incluido dentro del precio unitario de esta partida de trabajo. Si la reinstalación no está prevista, el constructor debe 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, deben ser rellenados por el constructor con un material igual al circundante.

201.4.11 Disposición de los materiales

Por aprobación 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 deben utilizar para ese fin. Salvo que los documentos del proyecto contemplen lo contrario, todos los demás materiales provenientes de estructuras demolidas deben quedar de propiedad del constructor, quien debe trasladarlos o disponerlos fuera de la zona de la vía, en un lapso no mayor a veinticuatro horas (24 h) 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 deben trasladar al sitio establecido en ellos y se deben disponer de la manera que resulte apropiada para el interventor.

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

201.4.12 Limitaciones en la ejecución

Los trabajos de demolición y remoción se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede 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 y atendiendo las normativas referidas en el ordinal 201.4.1 de este artículo. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe 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

En adición a los aspectos generales dispuestos en el artículo 106 de estas especificaciones, todas las labores requeridas para el demolición y remoción se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios y evaluaciones ambientales del proyecto, así como las normas y disposiciones vigentes sobre conservación del ambiente, los recursos naturales y protección de la comunidad, y los definidos en el plan de inspección medición y ensayo aprobado por interventoría.

El constructor debe cumplir las normas legales vigentes, respecto del manejo, transporte y disposición final de los escombros, generados en las actividades de construcción de carreteras. En este sentido, debe tener presente la Resolución 472 del 2017 “En la gestión integral de los RCD se deberá priorizar las actividades de prevención o reducción de la generación de RCD, como segunda alternativa se implementará el aprovechamiento y como última opción, se realizará la disposición final de RCD”, o las que le sustituyan, complementen o modifiquen.

201.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

201.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar 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 debe verificar que el constructor disponga de todos los permisos requeridos. El constructor debe cumplir las normas legales vigentes, respecto del manejo, transporte y disposición final de los escombros, generados en las actividades de construcción de carreteras. En este sentido, debe tener presente la Resolución 472 del 2017, en relación a la gestión integral de los RCD, o las que le sustituyan, complementen o modifiquen.

El interventor se debe encargar de identificar todos los elementos que deban ser demolidos o removidos; así mismo, debe señalar los elementos que deban permanecer en el sitio, así como debe ordenar las medidas para evitar que ellos sean dañados.

El interventor debe medir las áreas en las que se ejecuten los trabajos en acuerdo con esta especificación y el plan de calidad, medición y ensayo. El plan de calidad y el plan de inspección, medición y ensayo, son de obligatorio cumplimiento tal como se encuentra expresado en el numeral 103.2 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor.

201.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

El interventor debe considerar 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 resulte dañado o removido cualquier elemento que no está contemplado en el proyecto, el costo de la reposición de este se debe encontrar a cargo del constructor, a entera satisfacción del interventor.

201.6 Medida

La medida para la demolición y remoción, ejecutada de acuerdo con los documentos del proyecto, la presente especificación y las instrucciones del interventor, se debe hacer de acuerdo con las siguientes modalidades:

- Global (gl), en cuyo caso no se deben hacer mediciones.
- 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.
- Por kilogramo (kg) aproximado al entero, en cuanto se trate del desmontaje y traslado de estructuras metálicas.

- Por metro cúbico (m^3), aproximado al entero, en el caso de demolición de estructuras, cuando su tipo permita la cuantificación en esa unidad.
- Por metro cuadrado (m^2), aproximado al entero, cuando se refiera a demolición de pavimentos rígidos, andenes de concreto y pisos, en caso de espesores invariables que permitan su cuantificación. En este caso, la medida de la estructura se debe efectuar antes de destruirla.
- Por metro (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 debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

201.7 Forma de pago

El pago se debe hacer 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 debe 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 estos 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 debe incluir, además, la protección de aquellos elementos que, aunque se encuentren en la zona de los trabajos, no deban ser removidos.

Cuando aplique, dentro de los análisis de precios unitarios se deben incluir los costos inherentes a los derechos de disposición y/o conformación de materiales sobrantes, incluyendo los costos inherentes a obras requeridas en los sitios de disposición.

Cuando la unidad de medida de la demolición de estructuras sea el metro cúbico (m^3), el precio unitario debe considerar que el transporte del material proveniente de la demolición sea en condición de bloques sueltos.

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, debe incorporar los costos de las gestiones ante los propietarios o concesionarios de las redes de servicios correspondientes.

El constructor debe considerar, en relación con los explosivos y/o sistemas de demolición no fragmentantes, todos los costos que implican su adquisición, transporte, escoltas, almace-

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

namiento, vigilancia, manejo y control, hasta el sitio de utilización. En los casos en que no se autorice el uso de explosivos para el precio unitario se debe considerar el suministro y aplicación de los productos alternativos.

El precio unitario debe abarcar, 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 debe cubrir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

201.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
201.1	Demolición de edificaciones	Global (gl)
201.2	Demolición de estructuras	Global (gl)
201.3	Demolición de pavimentos rígidos y flexibles, 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 (m3)
201.8	Demolición de pavimentos rígidos y flexibles	Metro cuadrado (m2)
201.9	Demolición de pisos y andenes de concreto	Metro cuadrado (m2)
201.10	Demolición de bordillos de concreto	Metro (m)
201.11	Desmontaje y traslado de estructuras metálicas	Kilogramo (kg)
201.12	Remoción de especies vegetales	Unidad (u)
201.13	Remoción de obstáculos (Nota)	Unidad (u)
201.14	Remoción de ductos de servicios existentes	Metro (m)
201.15	Remoción de alcantarillas	Metro (m)
201.16	Remoción de cercas de alambre	Metro (m)
201.17	Traslado de postes	Unidad (u)
201.18	Traslado de torres	Unidad (u)
201.19	Remoción de rieles	Metro (m)
201.20	Remoción de defensas metálicas	Metro (m)
201.21	Remoción de barreras de seguridad	Metro (m)

Nota: se debe hacer un ítem de pago para cada tipo de obstáculo.

CAPITULO DE MOVIMIENTOS DE TIERRA

ITEM 2,1 - EXCAVACIÓN A MÁQUINA DE MATERIAL COMÚN SECO PARA CALZADA (Especificación INVIAS ART.210)

Excavación de la explanación, canales y préstamos

Artículo 210 – 22

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, los canales y los préstamos indicados en los documentos del proyecto.

Además, comprende la excavación y la remoción de la capa vegetal o el descapote y de otros materiales blandos, orgánicos y objetables, en las áreas donde se van a realizar las excavaciones de la explanación y los terraplenes.

210.1.2 Tipos de excavación

Los procedimientos establecidos en este artículo son aplicables a los siguientes tipos de excavación, de conformidad con las definiciones establecidas en el numeral 210.9.

- Excavación de la explanación.
- Excavación de canales.
- Excavación en zonas de préstamo.

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.

También, comprende la excavación de bloques con volumen individual mayor de un metro cúbico (1 m^3), procedentes de macizos alterados o de masas transportadas o acumuladas por acción natural, que para su fragmentación requieran el uso de explosivos. Se acepta como criterio para determinar el horizonte de roca cuando el esfuerzo a la compresión uniaxial del horizonte sea mayor a diez megapascales (10 MPa), según lo establece la *International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering* (1984).

210.1.3.2.2 Excavación en material común

Comprende la excavación de materiales no cubiertos por el numeral 210.1.3.2.1.

210.1.3.2.3 Método alternativo para determinar el tipo de material excavado

Se establecen dos criterios alternativos para la estimación del material excavado:

- Cuando la dureza y el fracturamiento del material no permitan efectuar faenas de remoción con equipos mecánicos. Esta dificultad se debe determinar directamente, cuando una máquina del tipo buldócer con una potencia mínima de cuatrocientos diez caballos de fuerza (410 HP) y masa mínima de cuarenta y ocho mil quinientos kilogramos (48 500 kg) o una retroexcavadora con una potencia mínima de doscientos diecisiete caballos de fuerza (217 HP) y masa mínima de treinta mil doscientos kilogramos (30 200 kg), empleados a su máxima potencia sean incapaces de remover el material. La utilización de uno u otro equipo, depende del espacio disponible para operar y de la forma de la superficie de la roca; siempre se prefiere el buldócer. La operación debe ser efectuada por los dientes de la retroexcavadora o el ripper del buldócer en presencia del interventor. Una vez comprobado por las partes lo expuesto, se procede a dejar constancia de la situación en el libro de obra (bitácora).
- Cuando las mediciones de velocidad de propagación de onda, practicadas sobre el material en las condiciones naturales en que se encuentre, sean iguales o superiores a dos mil metros por segundo (2 000 m/s).

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, según los documentos y especificaciones del proyecto o a criterio del interventor, y que sean necesarios para construir o proteger terraplenes, pedraplenes u otras partes de las obras proyectadas, se deben utilizar en ellos. El constructor no puede 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 se deben reservar para colocarlos posteriormente. Su disposición provisional se debe hacer en los sitios aprobados previamente para tal fin por el interventor.

Los materiales provenientes del descapote se deben almacenar para su uso posterior en sitios accesibles y de manera aceptable para el interventor. Estos materiales se deben 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 deben extraer de las zonas de préstamo aprobadas por el interventor y deben cumplir las características establecidas en las especificaciones correspondientes.

210.3 Equipo

El constructor debe proponer, 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 deben producir daños innecesarios ni a construcciones ni a cultivos; y deben garantizar el avance físico de ejecución, según el programa de trabajo, que permita el desarrollo de las etapas constructivas siguientes.

El constructor puede utilizar cualquier tipo de equipo apropiado para la realización de las excavaciones, que incluya tractores con topadora y desgarradora, motoniveladora, traílla 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 debe ejecutar de acuerdo con las secciones transversales del proyecto.

El constructor debe notificar al interventor con la antelación suficiente del comienzo de cualquier excavación, con el fin de que este pueda efectuar las mediciones necesarias sobre el terreno inalterado. El terreno natural adyacente al de la excavación no se debe modificar ni remover sin autorización del interventor.

Los procedimientos constructivos que implemente el constructor deben contemplar las medidas necesarias para preservar las condiciones de drenaje, la resistencia y la estabilidad del terreno no excavado. Los taludes provisionales deben ser definidos en esos procedimientos por un ingeniero geotecnista cuando no estén definidos en las especificaciones del proyecto y avalados por el interventor.

Durante la ejecución de los trabajos se deben tomar, en cualquier caso, las precauciones adecuadas para no disminuir la resistencia o estabilidad del terreno no excavado. En especial, se debe atender a las características tectónico-estructurales del entorno y a las alteraciones de su drenaje y se deben adoptar las medidas necesarias para evitar los siguientes fenómenos: inestabilidad de taludes en roca o de bloques de esta debida a voladuras inadecuadas, deslizamientos ocasionados por el descalce del pie de la excavación, encharcamientos debidos a un drenaje defectuoso de las obras, taludes provisionales excesivos, etc.

Las obras de excavación deben 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 los 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 documentos del proyecto o indicadas y aprobadas por el interventor.

Cualquier daño no previsto a una estructura o construcción existente causado por la

ejecución de los trabajos de excavación debe ser asumido por el constructor, quien debe reponer el bien a entera satisfacción de su propietario sin costo para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

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

Las cunetas y bermas se deben construir de acuerdo con las secciones, las pendientes transversales y las cotas especificadas en los documentos del proyecto. Todo daño posterior a la ejecución de estas obras, causado por negligencia del constructor, debe ser subsanado por este, sin ningún costo para INVÍAS.

210.4.1.2 Actividades previas

Antes de iniciar las excavaciones se deben completar y aprobar 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.

El material retirado en la limpieza, así como el de las demoliciones, debe ser empleado como se menciona en el numeral 210.2.1

210.4.1.3 Drenaje de las excavaciones

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

Es 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, deben correr por su cuenta las medidas correctivas que tenga que ejecutar para subsanar el deterioro causado en los mismos, sin costo adicional para INVÍAS.

Antes de iniciar los trabajos de excavación, el constructor debe presentar para aprobación por parte del interventor el plan de drenaje temporal que va a 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 deben existir 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, estas se deben 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 debe proteger la subrasante en todo momento para evitar su deterioro.

Es 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, deben correr por su cuenta y a su costa las medidas correctivas que tenga que ejecutar para subsanar el deterioro causado en la misma.

En especial, debe 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 debe 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 tránsito de construcción sin deteriorarse. Se puede tomar como guía para calificar el impacto adverso del tránsito temporal sobre la subrasante la presencia de acolchonamientos mayores de veinte milímetros (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 de veinticinco milímetros (25 mm) (deformaciones permanentes en forma de surcos longitudinales que no se recuperan cuando el vehículo se aleja).

210.4.1.4.1.2 Disminución del contenido de agua en la subrasante

Con el fin de evitar el agrietamiento o la activación de procesos de cambios volumétricos en las subrasantes arcillosas, no se debe permitir que estas disminuyan su contenido de agua natural, salvo en casos específicos en que la pérdida de agua se requiera para su adecuada compactación; por tanto, el constructor debe tomar las medidas necesarias para prevenir esta pérdida de agua.

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 esta 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, esta requiere de su compactación en un espesor no menor de quince centímetros (15 cm). Por tanto, si los documentos 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 veinte centímetros (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 puede 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 deben pagar según los ítems que resulten aplicables.

210.4.1.4.2.2 Procedimiento de compactación de la subrasante

Los documentos del proyecto deben indicar la profundidad y el grado de compactación requeridos para la subrasante.

Si no lo indican, el procedimiento debe ser, como mínimo, el siguiente: al alcanzar el nivel de subrasante en la excavación, se debe 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 deben atender las indicaciones particulares contenidas en los documentos del proyecto.

En caso de que los documentos del proyecto no tengan indicados estos tipos de materiales, se debe efectuar una evaluación geotécnica por parte del constructor con aprobación del interventor para determinar el debido proceso que se debe tener con estos materiales (esto incluye una posible Zona de Disposición de Materiales de Excavación [ZODME]). En este caso, las actividades que considere convenientes el interventor se deben pagar según los ítems que resulten aplicables. Cualquier decisión que se tome con respecto a estos tipos de subrasantes especiales debe quedar consignada en el libro de obra (bitácora), así como los documentos técnicos que sustenten las acciones a seguir. En cualquier caso, se deben garantizar las condiciones de servicio y durabilidad con las que se concibió el proyecto.

Un suelo se considera expansivo de acuerdo con los criterios consignados en la norma de ensayo INV E-132.

Se considera 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 o UNE 103204. Estas normas incluyen como materia orgánica todas las sustancias oxidables existentes en la muestra ensayada, por tanto, cuando las sustancias oxidables no orgánicas puedan influir de forma importante sobre los resultados obtenidos, el interventor puede autorizar que el contenido de materia orgánica se obtenga descontando los materiales oxidables no orgánicos, determinados según el método explícitamente aprobado por este.

La norma INV E-121 emplea el método de obtención por ignición el cual, en algunos materiales, puede arrojar resultados mayores debido a la calcinación parcial de algunos minerales a la temperatura de ensayo. La norma UNE 103204 describe un método químico para la obtención de la materia orgánica por lo que puede ser usado en los casos en los que se sospecha menor confiabilidad de los métodos por ignición. Cuando se cuente con los resultados de ambos métodos se debe dar prioridad a los obtenidos mediante métodos químicos.

210.4.1.5 Excavaciones en roca

Los procedimientos, los tipos y las cantidades de explosivos y equipos que el constructor proponga utilizar, deben estar aprobados previamente por el interventor, así como la secuencia y la disposición de las voladuras, las cuales se deben proyectar en tal forma que sea mínimo su efecto fuera de los taludes proyectados. El constructor debe garantizar 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 la obligación de tomar las medidas de protección y seguridad necesarias para evitar daños al resto de la obra o a terceros. Es obligación del constructor, cumplir toda la reglamentación vigente.

Toda excavación en roca se debe profundizar quince centímetros (15 cm) por debajo de las cotas de subrasante. Las áreas sobreexcavadas 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, debe ser removida hasta asegurarse que no queden trozos inestables. No deben quedar depresiones que dejen zonas colgadas, aunque se muestren firmes a simple vista.

La superficie final de la excavación en roca se debe encontrar libre de cavidades que permitan la retención de agua y debe tener, además, pendientes transversales y longitudinales que garanticen el correcto drenaje superficial.

Se debe cuidar especialmente la subrasante que se establezca en los desmontes en roca, esta debe presentar una superficie que permita un perfecto drenaje sin encharcamientos. En los casos en que por efecto de la voladura se generen zonas sin desagüe, estas se deben rellenar mediante la aplicación de hormigón de saneo que genere la superficie de la subrasante, de acuerdo con los planos establecidos para las mismas y con las tolerancias previstas en los documentos del proyecto, sin ser estas operaciones objeto de pago por parte de INVÍAS.

Si los desperfectos que se puedan presentar son imputables a la ejecución inadecuada realizada o el incumplimiento de las instrucciones del interventor, el constructor es el responsable de los daños ocasionados. Lo mismo cabe indicar respecto a posibles bloques caídos del talud sobre cunetas o desagües, situadas al pie del talud.

Para el uso de explosivos, se debe cumplir la reglamentación vigente para el control de las labores mineras subterráneas y a cielo abierto, en especial lo estipulado en los decretos 1886 de 2015 y 2222 de 1993, respectivamente. Además, se debe garantizar el mínimo daño posible para los entornos cercanos, así como para evitar efectos secundarios negativos para la obra. Antes de usar los explosivos, se debe notificar con anticipación a los propietarios o vecinos de los puntos donde se debe hacer uso de estos. El interventor debe dar aval a la continuación de los trabajos luego de garantizar que se ha informado a los vecinos de la zona.

210.4.1.5.1 Plan de voladura

Para la ejecución de voladuras, se debe presentar al interventor un plan para cada actividad que requiera de algún tipo de explosión o detonación, al menos dos semanas antes del inicio de las operaciones de perforación y voladura. Este plan debe proporcionar la siguiente información:

- Descripción de la operación de voladura propuesta.
- Criterios preliminares de diseño para la producción y las voladuras controladas, incluidas las profundidades y los patrones de los agujeros de voladura.
- Detalles sobre los explosivos propuestos y los accesorios de explosión.
- Distancia mínima para la ubicación de la estación para la voladura propuesta, incluida la elevación del banco, si corresponde.
- Fecha y hora de las actividades de cada una de las voladuras propuestas.
- Indicar si se requiere de la remoción de sobrecarga, cuando la actividad la exija.
- Planos escalados en planta y en sección transversal del patrón de perforación propuesto para orificios de voladura controlados y generados, incluidas las filas de amortiguación, la cara libre, la carga, el espaciado de los orificios de voladura, los diámetros de los agujeros de voladura, los ángulos de los agujeros de voladura, la altura de elevación y la profundidad del taladro.
- Diagrama de carga que muestra el tipo y la cantidad de explosivos, cebadores e iniciadores, la ubicación, la profundidad y el tipo de derivación.
- Secuencia de iniciación de agujeros de voladura controlados y de producción, incluidos los tiempos de demora y el sistema de demora.
- Hojas de vida suministradas por los fabricantes de los explosivos, cebadores e iniciadores que se van a utilizar.
- Medidas de seguridad para la obra y terceros.

El plan de voladura debe ser entregado al interventor para su revisión y aprobación. El interventor debe estar en capacidad de revisar, y así mismo, proporcionar los comentarios que crea convenientes al constructor. El constructor debe enviar el plan de voladura con las correcciones necesarias para su revisión final y aprobación.

No se debe proceder con las operaciones de perforación y voladura relacionadas con el plan de voladura, sin que el interventor lo haya aprobado con anterioridad. Si la autoridad ambiental o gubernamental determina que las operaciones de voladura bajo los métodos empleados están causando daños a las vecindades o a los ambientes naturales, se debe proteger la propiedad dentro y más allá de la servidumbre.

Se debe ajustar, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

210.4.1.5.2 Registros de voladuras

El constructor debe realizar un registro de voladuras, que se debe enviar al interventor cada vez que se ejecute alguna de ellas. En dicho registro se debe suministrar la siguiente información:

- Dimensiones reales de la explosión, incluidos los diámetros y las profundidades de

los agujeros de voladura, la carga, el espaciado, las profundidades de taladrado, el tallo, las cargas de polvo, los factores de polvo y el tiempo de duración.
- Un esquema que muestre la dirección de la cara y el diseño de la explosión.
- La ubicación de la explosión, en relación con las dimensiones del proyecto.
- La fecha y la hora de carga y detonación.
- El nombre y la firma de la persona responsable de cargar y ejecutar.
- Comentarios del detonador a cargo con respecto a fallas de encendido, ocurrencias de la voladura de roca, resultados, efectos inusuales y daños a instalaciones existentes, propiedades adyacentes, vecindades y alteraciones no previstas.
- Resultados de monitoreo de vibración y velocidad de onda generados.
- Cualquier queja o comentario recibido debido a la voladura.

210.4.1.5.3 Seguridad en el manejo de explosivos

Se deben tener las siguientes consideraciones para la ejecución de las labores de voladuras:

- Solo las personas autorizadas y calificadas con base en la capacitación y la experiencia deben manejar y usar explosivos.
- Ninguna persona debe fumar, llevar fósforos u otros dispositivos productores de llama, o llevar armas de fuego o cartuchos cargados mientras se encuentre en un vehículo motorizado o cerca de este, que transporta explosivos, así como en los lugares de su disposición.
- Se debe mantener un registro de explosivos en todo momento. Los explosivos se deben almacenar y encerrar en una instalación adecuada avalada por el interventor hasta que se usen en voladuras.
- Cuando sea necesario, el Plan de Manejo de Tránsito (PMT) de los trabajos debe garantizar que se tengan reguladores de transito con señalización adecuada al momento de las detonaciones.
- Antes de comenzar el retiro de material luego de la voladura, se debe hacer una observación de toda el área durante, al menos, cinco minutos (5 min) después de cada explosión. Se deben retirar las rocas potencialmente peligrosas u otro material ubicado más allá de los límites de excavación que se haya visto afectado por la voladura. Se deben detener las operaciones de voladura, si las pendientes requeridas no son estables, o si la seguridad del público en general está en peligro.

210.4.1.5.4 Prevención del daño de estructuras cercanas

Para cada corte que requiera voladuras, se debe realizar un estudio de riesgo por vibración en edificios cercanos, estructuras de servicios públicos, suministro de agua y alcantarillado, o áreas ambientalmente sensibles que puedan estar en riesgo por las detonaciones. A partir del estudio, el interventor es quien debe avalar que el plan de voladura no genere riesgo de afectación a las estructuras cercanas.

210.4.1.5.5 Secciones de prueba de voladuras

Se debe garantizar la idoneidad del plan de voladura propuesto, a partir de una o varias secciones de prueba de voladura por cada material geológico. Para proyectos que involucren múltiples cortes en materiales geológicos similares, el constructor puede reducir

el requisito en una sección de prueba de voladura en cada corte con previa autorización del interventor. Las secciones de prueba de voladura incluyen secciones de corte de perforación, voladura y excavación de aproximadamente cuarenta metros (40 m) de largo para determinar la combinación óptima de método, espacio entre agujeros de voladura y carga. Cuando las condiciones del campo lo justifiquen, el interventor puede ordenar al constructor que use secciones de prueba de menos de treinta metros (30 m) de largo.

Para realizar la prueba de los requisitos del plan de voladura haga lo siguiente:

- Realice la sección de prueba de voladura de acuerdo con el numeral 210.4.1.5.1. El plan de voladura de la sección de prueba debe ser entregado al interventor, al menos cuarenta y ocho horas (48 h) antes del tiempo planeado de la voladura. El interventor debe autorizar el plan de voladura para iniciar la sección de ensayo.
- A menos que el plan de voladura indique lo contrario, comience las pruebas con los agujeros de voladura controlados espaciados a setenta centímetros (70 cm).
- Después de la voladura, retire una cantidad suficiente de material de la sección de prueba para determinar si el diámetro del agujero, el espacio entre los agujeros y la cantidad de explosivos son adecuados para los requerimientos de las obras. No continúe perforando hasta que se evalúen los resultados.
- Si durante la sección de prueba, no se producen los resultados esperados, se debe revisar y rediseñar el plan de voladura para la sección de prueba con las diferentes técnicas disponibles hasta que llegue a resultados satisfactorios. Se considera como no satisfactorio cuando:
  - Hay una cantidad excesiva de roturas más allá de las discontinuidades y pendientes indicadas.
  - Hay un desprendimiento excesivo de material.
  - Se producen incumplimientos a otros requisitos presentes en estas especificaciones.
  - Las pendientes son inestables.
  - La seguridad de las personas y la obra está en peligro.
  - Se producen daños en la obra, vecindades o características naturales del lugar.
  - Los niveles de vibración del suelo y explosión de aire exceden los límites establecidos en la Figura 210 — 1.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

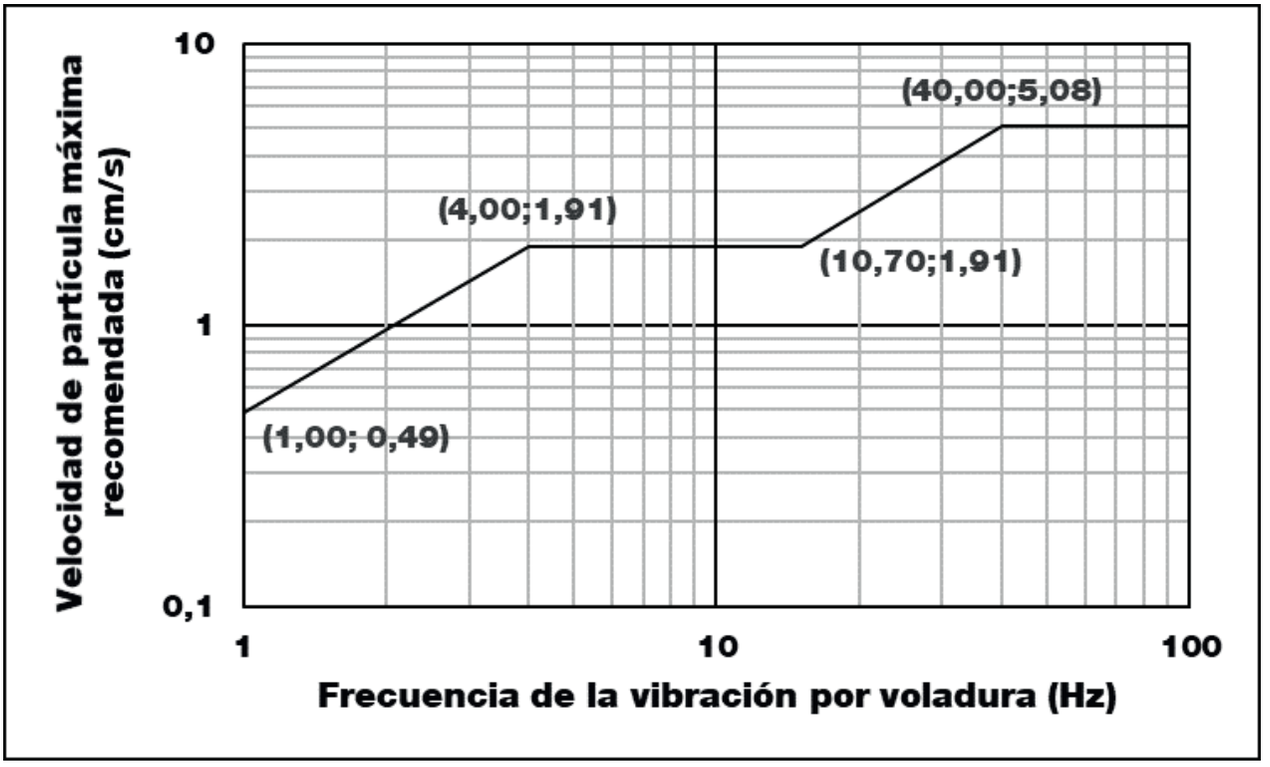


Figura 210 — 1. Velocidad de partícula máxima recomendada a partir de la frecuencia de vibración por voladura

Fuente: Modificado de *New Mexico State Department of Transportation*. (2014).

210.4.1.5.6 Requisitos de una voladura controlada

Para que la ejecución de las voladuras se realice de manera controlada, de acuerdo con los planes de voladura realizados a partir de los resultados aceptables en las secciones de prueba de voladura, se deben cumplir los siguientes requisitos:

- Se debe limpiar la superficie de la roca, cuando el material sobrepuesto no se autosoporte antes de perforar los agujeros de voladura.
- Se deben monitorear mecánicamente los ángulos de los agujeros de explosión con respecto a la horizontal.
- Se deben taladrar agujeros con un diámetro de entre cinco y ocho centímetros (5 cm — 8 cm). Dichos agujeros se deben espaciar de acuerdo con las secciones de prueba de voladura o los resultados obtenidos en materiales geológicos similares. No se debe exceder de noventa centímetros (90 cm).
- Se debe usar el equipo y la técnica adecuados para garantizar que los agujeros de explosión no se desvíen del plano proyectado del talud después de la voladura, que se muestra en el plan de voladura, en más de veinte centímetros (20 cm), en dirección paralela o normal.
- Se deben perforar los agujeros de manera que se tenga la inclinación de la pendiente requerida, hasta la profundidad total del

corte o hasta una elevación determinada previamente. La profundidad máxima de perforación debe ser de nueve metros (9 m). Se deben usar agujeros más bajos, si el control direccional es inadecuado. El largo de los agujeros se puede incrementar gradualmente, una vez que sean direccionales, y se demuestren resultados de control esperados.

- Se deben perforar orificios guía descargados y sin vástago del mismo diámetro, en el mismo plano, y con la misma tolerancia que los agujeros de explosión controlados.
- No se deben utilizar agujeros horizontales para voladuras controladas.
- Se deben usar cargas explosivas, cordón detonante y otros elementos necesarios para la voladura controlada, de acuerdo con la ficha técnica del producto y las recomendaciones e instrucciones del fabricante.
- Antes de colocar las cargas, se debe asegurar que el orificio esté libre de obstrucciones. De ser necesario, se debe utilizar un cilindro metálico para evitar que las paredes del agujero colapsen.
- Se deben usar solo explosivos estándar fabricados especialmente para el tipo de voladura. No se debe cargar nitrato de amonio y aceite combustible en los agujeros de explosión. Se deben usar explosivos y accesorios de voladura apropiados para las condiciones del agujero de la explosión (incluyendo agua en los agujeros), y necesarios para lograr resultados satisfactorios.
- Se deben ensamblar y fijar los explosivos al cable de detonación, de acuerdo con la ficha técnica del producto y las recomendaciones e instrucciones del fabricante del explosivo.
- La carga inferior en un agujero puede ser mayor que las cargas superiores, pero no lo suficientemente grande como para causar una explosión excesiva. Se debe colocar la carga superior lo suficientemente debajo del collar y lo suficientemente reducida en tamaño para evitar el rompimiento excesivo o perturbación en la superficie del terreno.
- Se debe usar un material seco, angular y granular que pase un tamiz de 9,5 mm (3/8 de pulgada) para detener los agujeros, desde la carga superior hasta el collar del orificio.

En cualquier caso, debe ser responsabilidad del constructor la conservación de la excavación hasta que haya sido rellenada.

210.4.1.5.7 Divulgación de los trabajos y horarios de ejecución de las actividades

Los siguientes requisitos se deben tener en cuenta para la programación y la difusión de la ejecución de las voladuras:

- Coordinar la ejecución de las voladuras con el interventor y notificarlo, con un mínimo de dos horas (2 h) antes de la voladura. Se debe proponer un plazo de una hora (1 h) para la explosión. Por ejemplo, si el constructor notifica al interventor antes de las nueve horas (09 h 00), la explosión puede ocurrir entre las once y las doce horas (11 h 00 – 12 h 00).
- Notificar a los ocupantes de edificios y propietarios de estructuras y servicios públicos, sobre el tiempo y la ubicación de la explosión, al menos setenta y dos horas (72 h) antes de las voladuras.
- Detonar las explosiones a la hora prevista, a menos que el interventor diga lo contrario.

Los trabajos de detonación se deben realizar en un horario comprendido entre las siete y las dieciocho horas (07 h 00 — 18 h 00) para

no intervenir en las actividades nocturnas de las vecindades, a menos que el interventor no lo considere relevante.

210.4.1.6 Transiciones de corte a terraplén y viceversa

En los sitios de transición, la excavación se debe ampliar hasta que el terraplén penetre en ella en toda su sección. En la transición de corte a terraplén y viceversa se deben 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 deben construir de acuerdo con los documentos 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 donde el afirmado existente se ha de conservar, los procedimientos que utilice el constructor deben 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 se deben cargar y transportar hasta los sitios de utilización o disposición aprobados por el interventor.

Así mismo, el constructor debe garantizar el tránsito y conservar la superficie de rodadura existente.

Si el proyecto exige el ensanche del afirmado existente, las fajas laterales se deben excavar hasta el nivel de subrasante. Posteriormente, a esta capa se le debe dar el tratamiento indicado en el numeral 210.4.1.4.

En las zonas de ensanche de terraplenes, el talud existente se debe 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 debe realizar de acuerdo con las dimensiones y los niveles establecidos en los documentos del proyecto con aprobación del interventor. Esta se debe efectuar de forma adecuada 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 los documentos del proyecto o porque sean ordenadas por el interventor, estos trabajos se deben 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 debe eliminar los materiales desprendidos o movidos y realizar urgentemente las correcciones complementarias ordenadas por el interventor. Si dicho deterioro es imputable a una mala ejecución de las excavaciones, el constructor es responsable por los daños ocasionados y, por tanto, las correcciones se deben efectuar a su costa.

210.4.2 Excavación de canales

La construcción de los canales, las zanjas de drenaje, las zanjas interceptoras y acequias, así como el mejoramiento de las obras similares y los cauces naturales, se debe efectuar de acuerdo con los alineamientos, las secciones y las cotas indicados en los documentos del proyecto. En general, en esta clase de obras la pendiente longitudinal no debe ser menor de cero coma veinticinco por ciento (0,25 %), salvo que el interventor dé una autorización en sentido contrario por escrito. Las excavaciones se deben iniciar por el extremo aguas abajo de la obra.

Se deben realizar las obras auxiliares requeridas para ejecutar las obras en seco cuando sea posible. En caso de no poder drenar la excavación por gravedad, se debe realizar por bombeo.

Toda desviación de las cotas y las secciones especificadas, especialmente si causa estancamiento de agua o erosión, debe ser subsanada por el constructor, hasta ser aprobada por el interventor, y sin costo adicional para INVÍAS.

Es responsabilidad del constructor la conservación de la excavación para canales hasta que sea recibida y aprobada por el interventor, junto con las demás obras que se estén ejecutando.

Los canales que, de acuerdo con los documentos del proyecto, deban ser ejecutados en el pie del talud, se deben excavar de forma que el terreno afectado no pierda resistencia debido a la deformación de las paredes del canal o a un drenaje defectuoso de este. El canal se debe mantener abierto, el tiempo mínimo indispensable. Cuando se haga uso de material de relleno para mantenerlo abierto, este se debe compactar cuidadosamente. Así mismo, se debe tener especial cuidado en limitar la longitud del canal abierto al mismo tiempo, con el fin de disminuir los efectos antes mencionados.

210.4.3 Disposición de materiales sobrantes provenientes de la excavación

Los materiales sobrantes de la excavación se deben colocar, de acuerdo con las instrucciones del interventor y en zonas aprobadas por este. Se deben usar de preferencia para el tendido de los taludes de terraplenes o para emparejar las zonas laterales de la vía. Se deben disponer de 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 deben 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 deben conformar para presentar una buena apariencia.

En el caso de la excavación por voladura en roca, su ejecución debe proporcionar un destino adecuado definitivo al material resultante del mismo, sin requerir pago para las operaciones de ajuste de la granulometría del material resultante, salvo que dichas operaciones se encuentren incluidas en otra unidad de obra.

Cuando los materiales sobrantes no se puedan emplear en las obras del proyecto, se

deben transportar y disponer en vertederos, conforme a lo indicado en los documentos del proyecto, las especificaciones particulares o las instrucciones del interventor y se debe 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 deben obtener 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 debe seguir todo lo pertinente a los procedimientos de ejecución de las excavaciones de la explanación y canales.

Los préstamos se deben excavar disponiendo las medidas oportunas de drenaje que impidan que se pueda acumular agua en ellos. El material inadecuado se debe depositar de acuerdo con lo indicado en los documentos del proyecto o lo que el interventor disponga. Los taludes de los préstamos deben ser estables, y una vez terminada su explotación, se deben acondicionar de forma que no dañen el aspecto general del paisaje y perduren estables en el tiempo. No deben ser visibles desde la carretera terminada, ni desde cualquier otro punto con especial impacto paisajístico negativo, y se debe cumplir la normativa existente respecto de su posible impacto ambiental. En lo posible, se debe contar con un plan de manejo ambiental que recupere las áreas afectadas por las actividades propias del préstamo.

210.4.5 Sobreexcavación

Se considera como sobreexcavación, el retiro o ablandamiento de materiales, por fuera de los alineamientos o las cotas indicados en los documentos del proyecto. Las sobreexcavaciones no se deben pagar y el constructor está obligado a ejecutar a su propia costa los rellenos necesarios por esta causa, de acuerdo con las especificaciones y la aprobación del interventor.

Toda sobreexcavación que haga el constructor, por negligencia o por conveniencia propia para la operación de sus equipos, corre por su cuenta y el interventor puede suspenderla, si lo estima necesario, por razones técnicas o económicas. En estos casos, el constructor debe rellenar por su cuenta estas sobreexcavaciones con los materiales y los 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 debe tomar de inmediato medidas para suspender transitoriamente los trabajos en el sitio del descubrimiento y debe notificar al interventor, quien debe dar aviso a INVÍAS y a la autoridad oficial que tenga a cargo la responsabilidad de investigar y evaluar dichos hallazgos. El

constructor, a pedido del interventor, debe colaborar en su protección.

Cuando la investigación y la evaluación de los hallazgos arqueológicos, paleontológicos y de minerales de interés comercial o científico retrase el avance de la obra, el interventor debe 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 debe 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 debe 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 deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede 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 sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe 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

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, todas las labores de excavación de la explanación, canales y préstamos se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales.

En particular, se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Cuando se estén efectuando las excavaciones, se debe 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 deben disponer conforme lo establece el numeral 210.4.3.
- Si está previsto el revestimiento vegetal de los taludes con material de descapote, este se debe efectuar inmediatamente después de culminada la excavación.
- El material de descapote de las zonas de préstamo debe ser cuidadosamente conservado para colocarlo de nuevo sobre el área excavada, reintegrándolo al paisaje.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del

proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

210.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

210.5.1 Controles

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

- Comprobar el estado y el funcionamiento del equipo utilizado para 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.
- Verificar el alineamiento, el perfil y la 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 debe verificar que el constructor disponga de todos los permisos requeridos. Además, debe medir, 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 debe dar por terminado cuando el alineamiento, el perfil y la sección estén de acuerdo con los documentos del proyecto y la aprobación del interventor.

La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la excavación no debe ser menor que la distancia señalada en los documentos del proyecto.

La cota de cualquier punto de la subrasante conformada y terminada no debe 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 puede superar la cota del proyecto.

En las cunetas, las cotas de fondo no deben diferir en más de tres centímetros (3 cm) de las proyectadas, así como el relleno de las grietas u oquedades que se pudieron producir en el desarrollo de los trabajos. Así mismo, la excavación debe estar libre de materiales sueltos o materia vegetal.

Es indispensable que la disposición de los residuos de la excavación se haya realizado en la forma y los sitios indicados en los documentos del proyecto.

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 debe definir como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, la menor área que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de subrasante compactada en su ancho total.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2) 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 deben elegir al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro. Se deben efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

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

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,máx}} * 100 \quad [210.1]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,máx}} * 100 \quad [210.2]$$

Donde:

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 por presencia de sobretamaños de manera que corresponda a la muestra total.

$\gamma_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido sobre una muestra representativa del mismo según las normas de ensayo INV E-141 (ensayo normal de compactación) o INV E-142 (ensayo modificado de compactación).

$C\gamma_{d,máx}$, 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) (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 ($C\gamma_{d,máx}$) que se use para calcular el grado de compactación individual (GC_i) se debe obtener, 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 deben ser 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 debe obtener según la norma de ensayo INV E-142 y el lote se acepta si:

$$GC_i\,(90) \geq 95{,}0\% \quad [210.3]$$

Para otros materiales de subrasante, el valor del peso unitario seco máximo se debe obtener

según la norma de ensayo INV E-141 y el lote se acepta si:

$$GC_l\ (90) \geq 100{,}0\% \quad [210.4]$$

Donde:

GC_l (90), límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad de noventa por ciento (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 deben efectuar en todo el espesor de la subrasante.

Los lotes que no alcancen las condiciones mínimas de compactación se deben escarificar, homogenizar, llevar al contenido de agua adecuado y compactar nuevamente hasta obtener el valor de la densidad seca especificada.

210.6 Medida

La unidad de medida debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1), de material excavado en su posición original. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

El material para el relleno de grietas u oquedades se debe determinar con la cantidad de recipientes puestos en obra, tomando como unidad el litro (L) de material de relleno aplicado, con aproximación de cinco décimas (0,5), según su tipo.

Todas las excavaciones para explanación, canales y préstamos deben ser 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, o en el caso en el que el constructor cierre la excavación antes de conformada la medición, se debe entender que se acoge a lo que unilateralmente determine el interventor.

No se deben medir las excavaciones que el constructor haya efectuado por negligencia o por conveniencia por fuera de las líneas de pago del proyecto. Si dicha sobreexcavación se efectúa en la subrasante o en una calzada existente, el constructor debe rellenar y compactar los respectivos espacios sin costo adicional para INVÍAS, usando materiales y procedimientos aceptados por el interventor.

En las zonas de préstamo, solamente se debe medir en su posición original los materiales efectivamente utilizados en la construcción de terraplenes y pedraplenes; alternativamente, se puede establecer la medición de los volúmenes de materiales de préstamo utilizados, en su posición final en la vía, reduciéndolos a su posición original mediante la relación de las densidades secas determinadas por el interventor, teniendo en cuenta la corrección de partículas gruesas establecida por la norma INV E-143, siempre que ella se requiera.

No se debe medir ni autorizar pagos para los volúmenes de material removido de derrumbes, durante los trabajos de excavación de taludes cuando, a criterio del interventor y por

instrucción de este, ellos fueren causados por procedimientos inadecuados o por negligencia del constructor.

210.7 Forma de pago

El trabajo de excavación se debe pagar al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con los documentos del proyecto o las instrucciones del interventor, para la respectiva clase de excavación ejecutada satisfactoriamente y aceptada por este.

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

Debe 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 debe 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 debe 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 estos, así como el traslado y la extensión sobre los taludes de los cortes donde esté proyectada su utilización.

Si el material excavado es roca, el precio unitario debe cubrir su eventual almacenamiento para uso posterior, en las cantidades y sitios señalados por el interventor. Para efectos de pago, de los volúmenes de excavación se deben descontar 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 debe 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 la excavación de préstamos debe 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 debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

No debe haber pago por las excavaciones y disposición o desecho de los materiales no utilizados que se hayan obtenido 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 debe medir y pagar de acuerdo con el artículo 900, Transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes.

210.8 Ítem de pago

Opción 1: excavación sin clasificar

Ítem	Descripción	Unidad
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)
210.1.3	Material para el relleno de grietas y oquedades	Litro (L)

Opción 2: excavación clasificada

Ítem	Descripción	Unidad
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)
210.2.5	Material para el relleno de grietas y oquedades	Litro (L)

210.9 Glosario

210.9.1 Excavación de la explanación

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

Además, incluye las excavaciones necesarias para el ensanche o la modificación del alineamiento horizontal o vertical de calzadas existentes.

210.9.2 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.

210.9.3 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 los pedraplenes.

ITEM 2,2 - EXCAVACIÓN MANUAL EN MATERIAL COMÚN SECO PARA ANDENES (Especificación INVIAS ART.600)

Excavaciones varias

Artículo 600 – 22

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 documentos del proyecto. Comprende, además, la construcción de sistemas de apuntalamientos y entibados, encofrados, ataguías y cajones y el sistema de drenaje que sea necesario para la ejecución de los trabajos de excavación; así como el retiro posterior de encofrados y ataguías. Incluye también, la remoción, el transporte, la disposición de todo material generado por las actividades de excavación y limpieza final que sea necesaria para la terminación del trabajo.

No se incluyen en este artículo las excavaciones producidas para cualquiera de las estructuras consideradas en artículos específicos dentro de las presentes especificaciones, salvo que las mismas hagan referencia a este.

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 o nivel freático.

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, Excavación de la explanación, canales y préstamos.

600.1.2.2.2 Excavaciones varias en roca bajo agua

Incluyen toda excavación cubierta por el numeral anterior, donde la presencia permanente de agua sobre el nivel de la excavación dificulte su ejecución.

600.1.2.2.3 Excavaciones varias en material común en seco

Abarcan la excavación, en seco, de materiales no cubiertos por el numeral 600.1.2.2.1.

600.1.2.2.4 Excavaciones varias en material común bajo agua.

Corresponden a toda excavación de los materiales considerados en el numeral anterior, pero donde la presencia permanente de agua

sobre el nivel de la excavación dificulte su ejecución.

600.2 Materiales

Los materiales provenientes de las excavaciones varias que sean adecuados según lo dispuesto por las presentes especificaciones, y necesarios para la ejecución de rellenos deben ser almacenados por el constructor para aprovecharlos en su construcción, previa aprobación del interventor. Dichos materiales no se pueden 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. De igual manera, el constructor debe garantizar que el sitio de acopio de estos materiales no coincida con sitios de concentración de escorrentía, para evitar con esto pérdidas de material por lavado.

Los materiales de las excavaciones varias se consideran no utilizables para su uso en actividades propias del objeto contractual, si no cumplen con uno o más requisitos de los definidos en las presentes especificaciones. Estos materiales deben ser excavados, retirados y dispuestos en zonas destinadas para este fin, las cuales deben haber sido aprobadas por la autoridad ambiental competente, de acuerdo con lo establecido en los documentos del proyecto, y a los procedimientos aceptados por el interventor.

Las excavaciones deben ser restauradas con materiales que cumplan con los parámetros establecidos en el artículo 610, Rellenos para estructuras.

600.3 Equipo

El constructor debe proponer, para consideración del interventor, los equipos más apropiados para las operaciones a realizar, de acuerdo con el tipo de material por excavar y su profundidad, los cuales no deben producir daños innecesarios en vecindades o en la zona de los trabajos, y deben asegurar el avance físico según el programa de trabajo, permitiendo el correcto desarrollo de las etapas constructivas posteriores.

600.4 Ejecución de los trabajos

600.4.1 Generalidades

El constructor debe 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 deben haber completado las actividades previas de desmonte y limpieza, de conformidad con lo que resulte aplicable de lo especificado en el artículo 200, Desmonte y limpieza, de las presentes especificaciones.

Si dentro de los límites de la excavación se encuentran estructuras, cimientos antiguos u otros obstáculos no previstos en los documentos del proyecto, y que imposibiliten la construcción de la estructura objeto de la actividad, deben ser retirados por el constructor.

Para definir si existe o no afectación a la estructura a ser construida, la interventoría debe sustentar su decisión en un concepto técnico emitido por el diseñador de la misma.

En los casos en que la interventoría lo autorice, esta debe clasificar y medir estos materiales según lo establecido para tal fin en el numeral 201.6 del artículo 201, Demolición y remoción, para proceder con su pago.

Si la interventoría no autoriza su pago, o si se decide que las obstrucciones no generan afectación a la estructura a ser construida, sino solo a la implementación de los procedimientos constructivos desarrollados por el constructor, los costos de la actividad deben ser asumidos integralmente por el constructor.

Siempre que los trabajos lo requieran, y previa autorización emitida por la autoridad ambiental competente, las excavaciones varias deben comprender labores previas, tales como el desvío de corrientes de agua o la construcción de cauces provisionales, u otras que contemplen los documentos del proyecto.

Los bordes exteriores de las excavaciones deben ser delimitados perfectamente mediante estacas, jalones e hilos de demarcación de sus contornos. En las proximidades de toda excavación destinada a la cimentación de estructuras o a la instalación de alcantarillas, se debe colocar al menos una (1) estaca de referencia altimétrica. Es responsabilidad del constructor la conservación de la estaca de referencia altimétrica hasta la recepción de los trabajos; el interventor puede ordenar la paralización de las excavaciones que no cuenten con estas referencias.

Las excavaciones se deben adelantar de acuerdo con los documentos del proyecto. Las cotas de fundación de zapatas indicadas en ellos se consideran aproximadas y, por lo tanto, el interventor, previa justificación soportada en concepto técnico emitido por el diseñador de la estructura, puede ordenar que sean efectuados todos los cambios necesarios en las dimensiones de la excavación, para obtener una cimentación estable, así como también para garantizar la seguridad de las personas y equipos involucrados en la actividad.

El constructor debe tomar todas las precauciones para minimizar la alteración del suelo contiguo a la excavación.

El interventor puede ordenar, en el evento en que el suelo encontrado a la profundidad de cimentación definida en los documentos del proyecto sea inapropiado, una excavación a mayor profundidad (a efectos de obtener un material de fundación apropiado), o alternativamente, una excavación a mayor profundidad y restitución hasta la cota de cimentación con un material que cumpla con los requisitos establecidos en los numerales 220.2.2.1 o 220.2.2.2 del artículo 220, Terraplenes.

En el primer caso, el diseñador debe revisar los diseños de la estructura y efectuar las modificaciones que correspondan. En el segundo caso, el material de relleno es tratado conforme con lo establecido en el artículo 610 de las presentes especificaciones.

En ambos casos, el interventor debe definir las cotas hasta las cuales se incrementa la profundidad de la excavación.

Para las excavaciones en roca mediante procedimientos detonantes, se debe cumplir lo establecido en el numeral 210.4.1.5 del artículo 210, de las presentes especificaciones.
Para las excavaciones en roca mediante procedimientos no detonantes, se debe contar con la aprobación previa del interventor, para lo cual se requiere, mínimo, la siguiente información:

- Descripción del procedimiento de la actividad.
- Criterios de diseño para la selección de equipos, insumos, distribución de puntos de intervención y profundidad de intervención.
- Fecha de inicio y duración de las actividades propuestas.
- Fichas técnicas y certificados de calidad de los productos utilizados para el procedimiento. En caso de que no existan certificaciones de calidad emitidas por un organismo nacional, se deben aceptar, a discreción del interventor, las provenientes de organismos extranjeros.
- Medidas de seguridad para la obra y terceros.

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, debe ser protegida mediante técnicas aprobadas previamente por el interventor, siendo responsabilidad del constructor la elaboración y presentación de los soportes técnicos necesarios. Los sistemas de protección se deben retirar, en el caso de ser necesario, antes de rellenar las excavaciones.

Si los sistemas de drenaje por gravedad no resultan suficientes para mantener drenadas las excavaciones, se deben instalar y mantener en operación 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 mientras duren las actividades de excavación. Durante el bombeo, se debe 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, es responsabilidad del constructor quien debe reponer, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), los daños y perjuicios causados, y constar para ello en los documentos soporte del contrato, la aprobación por parte del interventor.

600.4.2 Excavaciones para cimentaciones de estructuras de concreto

600.4.2.1 Excavación

Las excavaciones para cimentaciones a que se refiere el presente numeral se deben realizar conforme con las líneas de pago indicadas en los documentos del proyecto y a los procedimientos aceptados por el interventor. Estas deben permitir la construcción de las cimentaciones a todo su ancho y longitud, 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 debe tomar las medidas necesarias para minimizar la alteración del fondo de la excavación, con 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 previo a la colocación del cimiento.

En las excavaciones de las fundaciones de estructuras en cajón y pilas, el constructor puede adoptar el sistema constructivo que estime conveniente, siempre y cuando cuente con la aprobación del interventor. Adicionalmente, este puede facilitar el procedimiento constructivo con el empleo de islas, plataformas, sistemas neumáticos, aire comprimido, lanzas de agua, equipos de alto rendimiento de origen minero, u otro sistema autorizado. El empleo de cualquiera de estos sistemas constructivos derivados de las dificultades de la ejecución de obra no implica ningún pago adicional al pactado para el precio unitario establecido en esta especificación.

Cuando se encuentre un fondo rocoso, la excavación se debe 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 deben ser limpiadas y rellenadas con concreto o mortero de retracción controlada, según los procedimientos aceptados por el interventor.

Para el caso de zapatas de estribos, pilas de puentes o viaductos, o cualquier estructura soportada sobre pilotes hincados, antes de iniciar la operación de instalación de los pilotes, se debe haber completado la excavación del fondo del elemento que es apoyado en ellos. Una vez sea finalizada la operación de hincado de pilotes, el constructor debe 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 deben llevar a profundidades por debajo del nivel de la base de los cimientos, y a 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 deben dejar espacio suficiente para la construcción de formaletas y la inspección de sus partes externas, así como para permitir el bombeo por fuera de aquellos.

Además, las ataguías y encofrados deben ser construidos en tal forma que protejan el concreto fresco contra cualquier daño que pueda ocasionarle una creciente repentina, y para prevenir cualquier daño debido a la erosión. En las ataguías y encofrados no se deben dejar maderos o abrazaderas que puedan penetrar en el concreto del cimiento, salvo que el interventor lo autorice por escrito.

No se debe permitir 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 deben enderezarse, relocalizarse o suplementarse por el constructor, 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 debe 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 ocurran circunstancias que no permitan vaciar el cimiento en seco, y exista aprobación por parte del interventor, se puede exigir la construcción de un sello de concreto de las dimensiones que sean necesarias. El concreto debe cumplir con lo especificado en el artículo 630, Concreto estructural, y con el cien por ciento (100 %) de su resistencia a la compresión simple, a la edad de diseño, especificadas en los documentos del proyecto.

Después de colocado el sello, se debe extraer el agua 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, deben proveerse 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 deben perforar a la altura de la marea más baja, para controlar y obtener igual presión hidrostática dentro y fuera del elemento, durante el vaciado 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 debe permitir ninguna excavación por fuera de los cajones, ataguías, encofrados o tablestacados, ni alterar el lecho natural de las corrientes adyacentes a la estructura, sin la aprobación por parte de la autoridad ambiental competente y 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 debe rellenar la zona excavada o dragada, sin costo adicional para INVÍAS, una vez colocada la cimentación, hasta la altura inicial del terreno o lecho del río medida al inicio de la excavación, con material aprobado por el interventor.

En cursos de agua navegables, el constructor debe mantener, en todo momento, la profundidad del agua y los gálibos requeridos para el paso del tránsito lacustre o fluvial. También, deben permanecer 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 provisionalmente en la zona de la corriente de agua, deben 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 deben efectuar de conformidad con el alineamiento, dimensiones, pendientes y detalles mostrados

en los documentos del proyecto, y previa autorización del interventor, debiendo ceñirse a lo establecido en el numeral 600.5.2.

Cuando se vaya a colocar una alcantarilla por debajo de la línea del terreno original, se debe excavar una zanja a la profundidad requerida, de acuerdo con los requerimientos de los artículos 660, Tubería de concreto simple; 661, Tubería de concreto reforzado; 662, Tubería metálica corrugada o 663, Tubería de plástico, según corresponda, debiendo quedar conformado el fondo de la misma de manera que asegure un lecho firme en toda la longitud de la alcantarilla.

El ancho de la zanja debe ser el mínimo necesario que permita trabajar a ambos lados de la alcantarilla y compactar adecuadamente el relleno alrededor de ella. Dicho valor está dado en función del material de fabricación de la tubería según lo establecido en la Tabla 600 – 1, y no debe ser menor de cero coma setenta metros (0,70 m).

Tabla 600 – 1. Anchos de zanja para tuberías en función del material de fabricación

Material de la tubería	Ancho de zanja (m)
Acero	1,50*DE + 0,20 (Nota)
CCP y concreto	DE + 0,50
Glass Fiber Reinforced Plastic Pipe (GRP)	1,25*DE + 0,30
Hierro dúctil (HD)	DE + 0,60
Policloruro de vinilo (PVC)	DE + 0,40

Nota: DE corresponde al diámetro exterior de la tubería.

En el caso de que no se haya definido en el estudio geotécnico, la excavación se puede realizar con paredes verticales sin ayuda de apuntalamientos, hasta una profundidad máxima, dada por el menor valor obtenido de las siguientes condiciones:

- El valor de la altura crítica (H_c), como se encuentra definido en el "Manual de cimentaciones superficiales y profundas para carreteras" de INVÍAS (versión 2012).
- Un valor de uno coma cinco metros (1,5 m).

El proceso de cálculo y valor obtenido debe ser aprobado por el interventor.

En caso de que la profundidad de excavación sea mayor de uno coma cinco metros (1,5 m), se deben requerir sistemas de protección ante el cierre accidental. El constructor debe presentar una alternativa técnica ante esta situación, así como los respectivos diseños y memorias de cálculo.

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 debe ser removido hasta más abajo de la cota de cimentación y debe ser reemplazado por un material de subbase granular compactado, en un espesor mínimo de quince centímetros (15 cm). Esta capa se debe compactar, mínimo al noventa por ciento (90 %) 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 deben ser removidos en una profundidad igual al ancho de la excavación o la que autorice el interventor, debiendo rellenarse posteriormente con un material adecuado, según el numeral 220.2.1 del artículo 220 o de acuerdo con lo indicado en los documentos del proyecto, el cual debe ser compactado, como mínimo, al noventa por ciento (90 %) de la densidad seca máxima obtenida a partir del procedimiento descrito en la norma INV E-142, teniendo en cuenta la corrección por presencia de partículas gruesas que se explica en la norma INV E-143, en caso se requiera.

600.4.4 Excavaciones para filtros

Las excavaciones para la construcción de filtros se deben efectuar hasta la profundidad que se requiera y de conformidad con las dimensiones, pendientes y detalles que indiquen los documentos del proyecto aprobados por el interventor. Las paredes de las excavaciones deben ser verticales y su fondo debe 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 deben realizar de conformidad con las dimensiones y detalles señalados en los documentos del proyecto y a los procedimientos aceptados por el interventor.

600.4.6 Bombeo

En cualquier excavación que lo requiera, el bombeo se debe hacer de manera que excluya la posibilidad de arrastrar cualquier porción de los materiales colocados. No se debe permitir bombear agua durante la colocación del concreto o durante las veinticuatro horas (24 h) siguientes, salvo que el bombeo se pueda efectuar desde un sumidero apropiado, separado de la obra de concreto por un muro impermeable, el uso de pozos excavados alrededor del sitio de la obra para control del nivel freático u otros medios efectivos.

No se debe 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 días (7 d) o el lapso adicional que autorice el interventor.

600.4.7 Limpieza final

Al terminar los trabajos de excavación, el constructor debe 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 a los procedimientos aceptados por el interventor.

600.4.8 Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir adelantar los trabajos objeto del presente artículo, cuando la tempe-

ratura 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 de construcción se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede 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 sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe 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

Adicional a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para la ejecución de excavaciones varias se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios y evaluaciones ambientales del proyecto, así como en las normas y disposiciones vigentes sobre conservación del ambiente, los recursos naturales y la protección de la comunidad.

Por ello, todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto; por tanto, no son objeto de reconocimiento directo en el contrato.

Los desvíos provisionales de los cursos de agua, aprobados por la autoridad ambiental competente, no pueden dar lugar a modificaciones permanentes en los lechos de quebradas y ríos. Así mismo, debe evitarse el represamiento y el empozamiento de agua por las condiciones insalubres que esto pueda generar.

Todos los materiales removidos de las excavaciones y que no tengan uso previsto en la obra, deben ser cuidadosamente recuperados para evitar que puedan ser arrastrados a cursos de agua, y deben transportarse y depositarse en lugares apropiados, de la manera prevista en los documentos del proyecto y a los procedimientos aceptados por el interventor.

En cuanto a hallazgos arqueológicos, paleontológicos y de minerales de interés comercial o científico, se debe seguir lo dispuesto en el numeral 210.4.6 del artículo 210.

600.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

600.5.1 Controles

El plan de calidad y el plan de inspección, medición y ensayo, son de obligatorio cumplimiento tal como se encuentra expresado en el numeral 103.2 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor.

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

- Comprobar el estado del equipo de construcción.

- Verificar la eficiencia y la seguridad de los procedimientos de construcción.
- Constatar el cumplimiento de las disposiciones existentes en el artículo 102, Aspectos generales de seguridad y salud.
- Vigilar el cumplimiento del programa de trabajo.
- Confirmar el cumplimiento de las normas ambientales aplicables.
- Verificar el alineamiento, el perfil y las secciones de las áreas excavadas.
- Comprobar la lisura del fondo de la excavación mediante lo establecido en el numeral 600.5.2, y considerando que la diferencia de pendiente existente entre dos (2) puntos de control consecutivos con relación a la contemplada en los documentos del proyecto no exceda de cero coma cinco por ciento (0,5 %).
- Comprobar la firmeza del fondo de las excavaciones, según los valores de compactación definidos en los documentos del proyecto a ejecutar o en el presente artículo.
- Medir los volúmenes de trabajo realizado conforme a la presente especificación.

El interventor debe constatar 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 debe dar por terminado cuando el alineamiento, el perfil y la sección de la excavación estén de acuerdo con los documentos del proyecto y la aprobación del interventor y este considere, además, que la conservación de cauces es satisfactoria.

En ningún punto, la excavación realizada puede variar respecto de 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 deben ser corregidas por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, hasta conseguir la aprobación por parte del interventor.

600.6 Medida

La unidad de medida de las excavaciones varias debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1), de material excavado en su posición original, determinado dentro y hasta las líneas de pago indicadas en los documentos del proyecto y en la presente especificación o autorizadas por el interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No debe haber ninguna medida por los sobreanchos que se requieran para colocar encofrados, ni por el material que se haya excavado antes de haber realizado los levantamientos topográficos mencionados en el numeral 600.4.1.

Todas las excavaciones deben ser medidas por volumen ejecutado, verificado antes y después de llevarse a cabo el trabajo de excavación. El constructor debe permitir que el interventor realice las mediciones y verificacio-

nes que considere pertinentes antes de cerrar la excavación. Si el constructor cierra la excavación antes de que el interventor realice las mediciones y verificaciones, se entiende que se aviene a lo que unilateralmente este determine.

En excavaciones para estructuras, alcantarillas y filtros, toda medida se debe hacer 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 deben medir y su corrección debe correr por cuenta exclusiva de este, hasta conseguir la aprobación por parte del interventor.

En caso de ocurrir derrumbes que el interventor no atribuya a descuido o negligencia del constructor, se deben medir, para efectos de pago, conforme con lo establecido en 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 debe hacer con base en secciones transversales, tomadas antes y después de realizar el trabajo respectivo. No se debe incluir en la medida las excavaciones ejecutadas 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 debe pagar al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con los documentos del proyecto, la presente especificación y según lo que sea aprobado por el interventor, para la respectiva clase de excavación ejecutada satisfactoriamente y aceptada por este.

El precio unitario debe cubrir todos los costos por concepto de la excavación, eventual perforación, fragmentación mediante el método aprobado por el interventor, 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. El volumen que el constructor puede presentar como soporte para el pago de la actividad, es únicamente el contemplado en el numeral 600.6, no existiendo opción de realizar su cuantificación mediante el valor medido en volquetas o cualquier otro vehículo utilizado para el transporte de los materiales, ni en cualquier otra condición que involucre alteración en relación con el estado en el cual el material se encuentra antes de la ejecución de la excavación. También, debe cubrir los costos de todas las obras provisionales y complementarias, tales como la construcción de accesos, desvíos de corrientes de agua aprobados por autoridad ambiental competente, 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, materiales y equipos para fragmentación detonante y/o no detonante según sea el caso, limpieza final de la zona de construcción y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

Se debe incluir, dentro del precio unitario, los posibles costos inherentes a los derechos de disposición y/o conformación de materiales

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

sobrantes, los cuales incluyen todos los costos inherentes a las posibles obras requeridas en los sitios de disposición.

El constructor debe 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 debe cubrir su eventual almacenamiento para uso posterior, en las cantidades y sitios señalados por el interventor. De los volúmenes de excavación se descuentan, 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 debe incluir, además, los costos de señalización preventiva de la vía y el control del tránsito durante la ejecución de los trabajos.

El precio unitario debe 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 deben medir y pagar de acuerdo con el artículo 200.

Por su parte, el sello de concreto para la protección del fondo de la excavación, cuando se requiera, se debe medir y pagar de acuerdo con el artículo 630.

600.8 Ítem de pago

Opción 1: excavación sin clasificar

Ítem	Descripción	Unidad
600.1.1	Excavaciones varias sin clasificar	Metro cúbico (m^3)

Opción 2: excavación clasificada

Ítem	Descripción	Unidad
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)

ITEM 2,3 - CARGUE, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE MATERIAL SOBRANTE EN SITIO AUTORIZADO POR LA AUTORIDAD AMBIENTAL PERTINENTE (Especificación INVIAS ART.900)

Transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes

Artículo 900 – 22

900.1 Descripción

Este trabajo estriba, 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, Excavación de la explanación, canales y préstamos, 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 se refiere el artículo 211, Remoción de derrumbes, de las presentes especificaciones.

900.3 Equipo

Los vehículos para el transporte de materiales se encuentran sujetos a la aprobación del interventor y deben ser suficientes para garantizar el cumplimiento de las exigencias de esta especificación y del programa de trabajo. Deben 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 deben cumplir con las disposiciones legales vigentes referentes al control de la

contaminación ambiental; para tal fin, deben garantizar que en sus contenedores se evite el derrame o pérdida del material transportado y, con tal fin, la estructura de sus contenedores debe encontrarse en condiciones óptimas para el almacenamiento de los materiales.

Ningún vehículo de los utilizados por el constructor para el transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes por las vías de uso público, puede 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 debe determinar cuál es el recorrido más corto y seguro para efectos de medida del trabajo realizado.

La carga no debe sobrepasar el nivel de enrase del contenedor y, las puertas del mismo, deben asegurarse para evitar la pérdida y/o derrame de material durante el transporte.

Para vías pavimentadas o conexiones con las mismas, debe implementarse un sistema para el lavado de las llantas de los vehículos utilizados en el transporte de material proveniente de excavaciones de las explanaciones, derrumbes, canales y préstamos, con el objeto de evitar el arrastre de material adherido a las llantas. En caso de no poderse implementar un sistema de lavado de las llantas de los vehículos, el constructor debe garantizar la limpieza de la calzada; además, debe cumplir con las normas legales vigentes para el manejo, transporte y disposición final de residuos y material sobrante de las actividades de construcción de carreteras. En este aspecto, el constructor debe tener presente la Resolución 472 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en la cual se establecen las disposiciones para realizar la gestión integral de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) (o aquellas que las sustituyan, complementen o modifiquen).

900.4.2 Manejo ambiental

Adicional a los temas generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para el transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes, deben realizarse en concordancia con lo establecido en las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales.

Por tanto, todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación, deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas labores deben incluirse en los costos del proyecto; por tanto, no son objeto de reconocimiento directo en el contrato.

En particular, debe prestarse 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 deben 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 debe exigir, 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 es suficiente, el constructor debe remover, a sus expensas, la capa correspondiente y reconstruirla de acuerdo con la respectiva especificación.
- Confirmar que todas las vías de acceso por donde transitan los vehículos de carga, se encuentren libres de residuos o material particulado proveniente del transporte.
- Corroborar 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.
- Garantizar el total cubrimiento de la carga transportada con material resistente, con el objeto de evitar la dispersión del mismo y emisiones fugitivas.
- Verificar y aprobar en el Plan de Manejo de Tránsito, los recorridos o las rutas por donde se transporta el material para asegurar los respectivos controles, siguiendo los parámetros y directrices establecidos en el Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de Transporte.

El plan de calidad y el plan de inspección, medición y ensayo, son de obligatorio cumplimiento tal como se encuentra expresado en el numeral 103.2 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor.

900.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

El interventor solo debe medir el transporte de materiales autorizados de acuerdo con esta especificación, los documentos del proyecto y sus instrucciones. Si el constructor utiliza para el transporte una ruta diferente y más larga que la aprobada por el interventor, este solamente debe computar la distancia más corta que se haya definido previamente.

Para efectuar la medición del transporte de materiales se debe requerir, 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, es 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 son las que se indican a continua-

ción. El resultado de la medida se debe 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 (1 000 m), la unidad de medida debe ser el metro cúbico-Estación (m^3-E). La medida corresponde 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 (1 000 m), la unidad de medida debe ser el metro cúbico-kilómetro (m^3-km). La medida corresponde 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 cualesquiera de los dos (2) casos, la distancia de transporte que se computa debe ser 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 deben establecer como distancia de acarreo libre.

Para los fines de estas especificaciones, se debe entender 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 debe calcular 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 de la densidad seca que presente el material en el banco en el cual es explotado, razón por la cual no se puede considerar como tal la densidad seca o el peso unitario seco que presente el material en estado suelto sobre la volqueta o en acopios intermedios. Por densidad seca o peso unitario seco en su posición original se debe entender la (el) que presente el material en el banco en el cual es explotado.

900.6.2 Materiales provenientes de derrumbes

La unidad de medida para el transporte de materiales provenientes de derrumbes, debe ser el metro cúbico-kilómetro (m^3-km).

La medida debe corresponder al número de metros cúbicos completos, medidos en estado suelto según se indica en el artículo 211, Remoción de derrumbes, de estas especificaciones y multiplicado por la distancia de transporte expresada en kilómetros, con aproximación al décimo de kilómetro.

Debe tenerse en cuenta que la distancia de transporte debe ser 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 debe hacer al precio unitario pactado en el contrato, por unidad de medida, conforme con lo establecido en este artículo y a las instrucciones del interventor.

El precio unitario debe 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 expresados.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

El precio unitario no debe incluir los costos por concepto de los diferentes cargues, descargues y disposición del material, los cuales se encuentran incorporados en los precios unitarios de los ítems correspondientes.

Cualquier otro transporte no contemplado en este artículo, debe contemplarse en el precio unitario del ítem respectivo.

900.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
900.1	Transporte de materiales provenientes de la excavación de la explanación, canales y préstamos, entre cien metros (100 m) y mil metros (1 000 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 (1 000 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 (100 m)	Metro cúbico-kilómetro (m^3-km)

ITEM 2,4 - CONFORMACIÓN DE LA SUBRASANTE AL 90% DEL ENSAYO PROCTOR ESTÁNDAR (INV E-142) (Especificación INVIAS ART.310)

Conformación de la calzada existente

Artículo 310 – 22

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 subbase granular; así como la conformación o reconstrucción de cunetas.

310.2 Materiales

Se deben aprovechar los materiales del afirmado existente que cumplan los requisitos de calidad estipulados en el artículo 311, Afirmado, y en el artículo 320, Subbase granular.

En el caso de que sea necesaria la adición de nuevo material, este debe cumplir los requisitos de calidad señalados en el artículo 311 o en el artículo 320, según los alcances del proyecto.

310.3 Equipo

Rige lo indicado en el numeral 300.3 del artículo 300. 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

Rige lo indicado en el numeral 300.4.1 del artículo 300.

310.4.2 Mejoramiento del afirmado

Los materiales existentes que no cumplan los requisitos de calidad establecidos en los artículos 311 o 320, según corresponda, se deben escarificar en el espesor ordenado por el interventor. Así mismo, estos materiales se deben retirar, transportar, depositar y conformar 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 los requisitos de calidad establecidos en los artículos 311 o 320, según corresponda, se debe 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 debe realizar 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 solo se debe realizar cuando haya necesidad de efectuar el reemplazo de material de afirmado existente que no cumpla 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, debe cumplir lo especificado en los artículos 311 o 320, según lo indiquen los documentos del proyecto.

En el mejoramiento del afirmado no deben 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 debe conservarla con la planicidad y el perfil correcto, hasta que proceda a la construcción de la capa superior. Cualquier deterioro que se produzca por causa diferente a fuerza mayor debe ser corregido por el constructor sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), hasta contar con la aprobación del interventor.

310.4.3 Cunetas y ensanches

La conformación o la reconstrucción de cunetas, así como la construcción de ensanches menores, se debe hacer de acuerdo con las secciones, las pendientes transversales y las cotas indicadas en los documentos del proyecto y con lo especificado en los artículos correspondientes a excavaciones y terraplenes.

Los procedimientos requeridos para cumplir con la presente especificación deben 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 deben 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

Rige 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 deben ajustar a los documentos del proyecto y las instrucciones del interventor. Su pendiente transversal debe ser la especificada en el numeral 311.4.5 del artículo 311.

Las cunetas deben 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 debe efectuar de acuerdo con lo establecido en el artículo 311 o en el artículo 320, según se haya incorporado material de afirmado o de subbase granular, respectivamente.

El control de compactación se debe ajustar a lo establecido en el numeral 311.5.2.2.2 del artículo 311.

El trabajo se debe considerar terminado cuando el interventor verifique y acepte que el constructor se ha ceñido a lo establecido en los documentos del proyecto y a lo ordenado por este.

310.6 Medida

La unidad de medida para la conformación de la calzada debe ser el metro cuadrado (m^2), aproximado a la décima (0,1), de trabajo realizado de acuerdo con esta especificación y aprobado por el interventor en el área definida en los documentos del proyecto.

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

No se debe medir, para efectos de pago, ningún área por fuera de los límites indicados en los documentos del proyecto.

310.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al respectivo precio unitario del contrato por toda área de calzada conformada, aprobada por el interventor.

El precio unitario debe 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/o disposición; 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 secado 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 debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

Debe haber pago por separado de las excavaciones de volumen superior al señalado en el segundo párrafo de este numeral, las cuales se deben reconocer de acuerdo con el artículo 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos. También, debe haber pago por el suministro, el transporte y la colocación de los materiales requeridos de afirmado y subbase granular, los cuales se deben reconocer de acuerdo con los artículos 311, Afirmado; y 320, Subbase granular.

310.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
310.1	Conformación de la calzada existente	Metro cuadrado (m^2)

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

CAPITULO DE RELLENOS

ITEM 3,1 - MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON 20 CM DE ESPESOR CON MATERIAL SELECCIONADO INVIAS ART 220 (Especificación INVIAS ART.230)

Mejoramiento de la subrasante con adición de materiales

Artículo 230 – 22

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, el humedecimiento o la aireación, la compactación y el perfilado final, de acuerdo con la presente especificación, y con las dimensiones, los alineamientos y las pendientes señalados en los documentos del proyecto.

230.2 Materiales

Los materiales de adición deben 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 debe 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 deben efectuar según los procedimientos puestos a consideración del interventor y aprobados por este. Su avance físico se debe ajustar al programa de trabajo.

Si los trabajos de mejoramiento de la subrasante afectan el tránsito normal en la vía o en sus intersecciones y cruces con otras vías, el constructor es el responsable de tomar las medidas para mantenerlo adecuadamente.

La subrasante existente se debe escarificar y disgregar en el espesor indicado en los documentos del proyecto, empleando procedimientos aprobados por el interventor.

Si el proceso implica el retiro de parte del material existente, el material producto del retiro se debe tratar como residuo de construcción y demolición (RCD) y es de propiedad del constructor, quien debe dar el tratamiento final correspondiente, según la legislación ambiental vigente. Este material se debe cargar y transportar a las zonas aprobadas de disposición de sobrantes, donde se debe descargar y disponer previa aprobación del interventor.

El suelo de aporte para el mejoramiento se debe aplicar en los sitios indicados en los documentos del proyecto, en cantidad tal, que se garantice que la mezcla con el suelo existente cumple las exigencias del numeral 230.2, en el espesor señalado en los documentos del proyecto.

La mezcla del material existente disgregado y el de adición se debe humedecer o airear hasta alcanzar el contenido de agua apropiado y, previa la eliminación de partículas mayores de setenta y cinco milímetros (75 mm), si las hay, se debe compactar 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 subrasante solo se deben efectuar cuando no haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra y la temperatura ambiente, a la sombra, sea superior a cinco grados Celsius (5 °C).

Los trabajos de mejoramiento de la subrasante se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede 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 sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe 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 debe 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 debe distribuir de manera que no se concentren huellas de rodadas en la superficie.

230.4.3 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para la ejecución de las obras de mejoramiento de la subrasante se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o las evaluaciones ambientales del proyecto y las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del 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 debe 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 se deben mantener correctamente durante la ejecución de los trabajos, con el fin de prevenir erosiones y arrastres innecesarios de partículas sólidas.
- El manejo y la aplicación de materiales de adición se deben realizar con las precauciones que exijan las autoridades ambientales.

- El constructor debe especificar los métodos de control de emisiones atmosféricas y de ruido que deben ser utilizados en la ejecución de los trabajos. Estos métodos se deben presentar al interventor y ser aprobados por este antes de cada jornada.

Además, se deben considerar aplicables las recomendaciones del numeral 220.4.8 del artículo 220.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

230.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

230.5.1 Controles

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

- Verificar el estado y el 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, teniendo en cuenta que el producto que en definitiva constituya la subrasante mejorada debe 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 debe presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. El interventor debe verificar, además, que:

- La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa no sea inferior a la señalada en los documentos del proyecto.
- 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; se acepta tolerancia solamente por abajo.

Así mismo, se deben adelantar 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 acepta o rechaza en conjunto, la menor área que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de subrasante compactada en su ancho total.

- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 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 deben elegir al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realicen, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de la subrasante mejorada, se debe calcular su grado de compactación, a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones contenido de agua-peso unitario (INV E-142), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,máx}} * 100 \quad [230.1]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,máx}} * 100 \quad [230.2]$$

Donde:

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 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-142 sobre una muestra representativa del mismo.

$C\gamma_{d,máx}$, 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 ($C\gamma_{d,máx}$) que se use para calcular el grado de compactación individual (GC_i) se debe obtener, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños (P_{FG}) presente en ese sitio.

Para la aceptación del lote se deben aplicar los siguientes criterios:

GC_l (90) ≥ 95,0 % se acepta el lote [230.3]

GC_l (90) < 95,0 % se rechaza el lote [230.4]

Donde:

GC_l (90), límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del noventa por ciento (90 %), se encuentra el

valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje. Este 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 deben efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Los lotes que no alcancen las condiciones mínimas de compactación se deben escarificar, homogenizar, llevar al contenido de agua adecuado y compactar 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 debe determinar el espesor promedio de la capa compactada (e_m), el cual no puede ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad [230.5]$$

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) debe ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d); se admite 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 debe escarificar la capa en un espesor mínimo de cien milímetros (100 mm), añadir el material necesario de las mismas características, recompactar y terminar la capa conforme lo exige el presente artículo.

Si el espesor medio (e_m) resulta inferior al espesor de diseño (e_d), pero ningún valor individual es inferior al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño, el interventor puede admitir el espesor construido, siempre que el constructor se comprometa, por escrito, a compensar la disminución con el espesor adicional necesario de la capa superior, sin que ello implique ningún incremento en los costos para INVÍAS. Si el constructor no suscribe este compromiso, se debe proceder como en el párrafo anterior.

230.5.2.2.3 Planicidad

El interventor debe comprobar 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 perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que este escoja, los cuales no pueden estar afectados por cambios de pendiente.

La superficie acabada no puede presentar variaciones superiores a quince milímetros (15 mm). Cualquier área donde se detecten irregularidades que excedan esta tolerancia debe ser delimitada por el interventor, y el constructor debe corregirla con reducción o adición de material en capas de poco espesor, en cuyo caso, para asegurar buena adherencia, debe ser obligatorio escarificar la capa existente y compactar nuevamente la zona afectada, hasta alcanzar los niveles de compactación exigidos en el presente artículo, sin costo adicional para INVÍAS.

230.5.2.2.4 Protección de la subrasante mejorada

El constructor debe responder por la conservación de la subrasante mejorada hasta que se coloque la capa superior y debe corregir, 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, deben ser corregidas por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta ser aprobadas por este.

230.6 Medida

La unidad de medida debe ser el metro cuadrado (m^2), aproximado a la décima (0,1), de subrasante mejorada con adición de materiales en las áreas y espesores señalados en los documentos del proyecto y aprobados por el interventor.

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

No debe haber medida ni pago para los mejoramientos de subrasante, por fuera de las líneas del proyecto, 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 debe pagar 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 debe cubrir los costos de escarificación de la subrasante en el espesor requerido, disgregación del material, la extracción y la 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 y, en general, todos los costos relacionados con la correcta ejecución de los trabajos especificados; 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.

Además, debe incluir los costos 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 debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

Debe haber 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

Ítem	Descripción	Unidad
230.1	Mejoramiento de la subrasante con adición de materiales	Metro cuadrado (m^2)

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

ITEM 3,2 - RELLENO CON SUB-BASE TIPO INVIAS 0,3 CM DE ESPESOR, CONFORMADO Y COMPACTADO AL 95% DE SU PROCTOR MODIFICADO (Especificación INVIAS ART.320)

Subbase granular

Artículo 320 – 22

320.1 Descripción

Este trabajo consiste en el suministro, el transporte, la colocación, el humedecimiento o aireación, la extensión y la conformación, la compactación y el terminado de material de subbase granular aprobado sobre una superficie preparada, en una o varias capas, de conformidad con los alineamientos, las pendientes y las dimensiones indicados en los documentos del proyecto.

Para los efectos de estas especificaciones, se denomina subbase granular a la capa o capas granulares localizadas entre la subrasante y la base granular o la capa 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 subbase granular

Se definen tres clases de subbase granular, en función de la calidad de los agregados (clases A, B y C), como se indica en el numeral 320.2.2. Así mismo, se debe definir el tipo de granulometría que se va a emplear.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, las clases de subbase granular se deben usar como se indica en la Tabla 320 — 1, en función del nivel de tránsito del proyecto, definido en el artículo 100, Ámbito de aplicación, términos y definiciones.

Tabla 320 — 1. Uso típico de las diferentes clases de subbase granular

Clase de subbase granular	Nivel de tránsito
Clase A	NT3
Clase B	NT2
Clase C	NT1

320.2.2 Requisitos de calidad para los agregados

Los agregados para la construcción de la subbase granular deben satisfacer los requisitos de calidad indicados en la Tabla 320 — 2. Además, se deben ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la Tabla 320 — 3.

Tabla 320 — 2. Requisitos de los agregados para subbases granulares

Característica	Norma de ensayo INV	Subbase granular		
		Clase A	Clase B	Clase C
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles (Granulometría A), máximo (%): - 500 revoluciones	E-218	 50	 50	 50
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	E-238	30	35	-
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	 12 18	 12 18	 12 18
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 deleznables, 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 (4 d) de inmersión, mínimo.	E-148	40	30	30

Nota: se puede validar el requisito de durabilidad, empleando cualquiera de los dos sulfatos indicados.

Tabla 320 — 3. Franjas granulométricas del material de subbase 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 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)								
SBG-50 (Nota)	100	70 — 95	60 — 90	45 — 75	40 — 70	25 — 55	15 — 40	6 — 25	2 — 15
SBG-38 (Nota)	-	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 %

Nota: el número indica el tamaño máximo, en milímetros, de las partículas en la gradación empleada.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el constructor debe 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 otro adyacente y viceversa.

Dentro de la franja elegida, el constructor debe proponer al interventor una fórmula de trabajo a la cual se debe 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.

Una vez elegida la franja granulométrica, no se puede cambiar por otra sin previa autorización del interventor.

Además, la relación entre el porcentaje que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) y el porcentaje que pasa el tamiz de 0,425 mm (nro. 40), no debe exceder de dos tercios (2/3) del espesor de la capa compactada, y el tamaño máximo nominal no debe exceder un tercio (1/3) del mismo espesor.

320.3 Equipo

Al respecto, rigen las condiciones generales que se indican en el numeral 300.3 del artículo 300. Para la construcción de la subbase 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. Estos equipos deben ser capaces de asegurar la completa homogeneización de los componentes dentro de las tolerancias fijadas. Los equipos de cargue y transporte deben contar con superficies lisas y limpias, y disponer de lonas o cobertores adecuados para proteger el material durante su transporte.

Para la extensión del material, cuando la obra tenga una superficie por pavimentar superior a los setenta mil metros cuadrados (> 70 000 m^2), se recomienda utilizar extendedoras automotrices, que deben estar dotadas de sistemas automáticos de nivelación y de los dispositivos necesarios para la puesta en obra de la capa de subbase, con la configuración deseada y para proporcionarle un mínimo de compactación. No obstante, la selección del equipo para la extensión debe ser responsabilidad del constructor, con la aprobación del interventor y se debe validar durante su operación.

El equipo de humedecimiento y mezclado debe ser capaz de asegurar la completa homogeneización de los componentes dentro de las tolerancias fijadas.

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 solo debe autorizar la colocación de material de subbase granular, cuando la superficie sobre la cual se debe asentar tenga la compactación apropiada y las cotas y secciones indicadas en los documentos del proyecto, con las tolerancias establecidas.

Además, debe estar concluida la construcción de los desagües y los 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 debe realizar las correcciones necesarias, hasta ser aprobadas por el 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 deben cumplir lo establecido en los numerales 300.4.5 y 300.4.3 de artículo 300, respectivamente.

320.4.5 Colocación, extensión y conformación del material

La colocación del material sobre la capa subyacente se debe hacer en una longitud que no sobrepase mil quinientos metros (1 500 m) de las operaciones de extensión, conformación y compactación del material.

El material se debe disponer en un cordón de sección uniforme, donde el interventor debe verificar su homogeneidad. Si la capa de subbase granular se va a construir mediante la combinación de dos (2) o más materiales, su mezcla se puede realizar en planta o en un patio fuera de la vía.

En el caso de realizar la mezcla en planta, se debe agregar la dosificación requerida de agua para luego transportar el material a su sitio de colocación. Cuando se vaya a realizar la mezcla directamente en el sitio, esta se debe hacer en un patio fuera de la vía, porque su mezcla dentro del área de colocación no está permitida. La mezcla se debe realizar en seco y posteriormente se debe agregar el agua que sea requerida.

En caso de que sea necesario humedecer o airear el material para lograr el contenido de agua óptimo de compactación, el constructor debe emplear el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje el material con un contenido de agua uniforme. Este, después de humedecido o aireado, se debe extender en todo el ancho previsto en una capa uniforme que permita obtener el espesor y el grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de experimentación.

El material se debe extender de tal forma, que no requiera mayor manipulación para obtener el espesor, el ancho y el bombeo especificados en los diseños, evitando en lo posible adiciones de forma sectorizada.

En todo caso, la cantidad de material extendido debe 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 subbase compactada, por construir, es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se debe 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 debe mostrar una distribución granulométrica

uniforme, sin segregaciones evidentes. El interventor no debe permitir la colocación de la capa siguiente, antes de verificar y aprobar la compactación de la precedente, según lo estipulado en el numeral 320.5.2.2.2 de esta especificación. A menos que el interventor apruebe algún procedimiento alternativo, la capa ya compactada se debe escarificar superficialmente con el propósito de ligarla con la siguiente.

En operaciones de bacheo o en aplicaciones en áreas reducidas, el constructor debe proponer 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 subbase granular tenga el contenido de agua apropiado para asegurar la densidad de diseño requerida, se debe conformar ajustándose a los alineamientos y las secciones típicas del proyecto, y se debe compactar 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 el uso del equipo que normalmente se utiliza, se deben compactar con los medios adecuados para el caso, en forma tal que las densidades secas que se alcancen no sean inferiores a la obtenida en el resto de la capa.

La compactación se debe efectuar longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido una longitud no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se debe hacer del borde inferior al superior.

El acabado final de la subbase debe garantizar una superficie lisa y apropiada para la conformación de las capas superiores.

320.4.7 Construcción de la subbase granular sobre un afirmado existente

Si el proyecto contempla que el afirmado existente forme parte de la capa de subbase granular, aquel se debe escarificar en una profundidad de cien milímetros (100 mm) o la que especifique los documentos del proyecto, y se debe conformar y compactar con el fin de obtener el mismo nivel de compactación exigido a la subbase granular, en un espesor de ciento cincuenta milímetros (150 mm).

Si el espesor del afirmado es menor de cien milímetros (100 mm), el interventor puede autorizar que el material de subbase granular se mezcle con el del afirmado, previa la escarificación de este. En todo caso, se deben respetar los espesores de capa mencionados en el numeral 320.4.5.

320.4.8 Apertura al tránsito

Sobre las capas en ejecución se debe prohibir 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 debe distribuir en forma tal que no se concentren ahuellamientos sobre la superficie. El constructor debe responder por los daños originados por esa causa y debe repararlos, sin costo adicional

para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), de acuerdo con las instrucciones del interventor.

320.4.9 Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir la extensión de ninguna capa de material de subbase granular mientras no haya sido realizada la nivelación y la comprobación del grado de compactación de la capa precedente. Tampoco se puede construir la subbase 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 subbase granular se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede 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 sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe 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 subbase granular), cuya profundidad sea superior a trescientos milímetros (300 mm), se deben rellenar con material de subbase granular desde el fondo de la excavación hasta una profundidad de doscientos cincuenta milímetros (250 mm) por debajo de la rasante existente. Este material debe 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 subbase granular en las operaciones de bacheo en ellos, se debe definir en los documentos del proyecto.

320.4.11 Conservación

El constructor debe conservar la capa de subbase 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 debe reparar, sin costo adicional para INVÍAS, todos los daños que se produzcan en la subbase 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

Los retrasos en el cronograma debidos a las deficiencias o al reemplazo de materiales, así como los costos asociados a estas circunstancias, son responsabilidad del constructor.

320.5.2.1 Calidad de los agregados

320.5.2.1.1 Control de procedencia

De cada fuente de agregados pétreos y por cada dos mil metros cúbicos (2 000 m^3) del material de un mismo tipo, se deben tomar cuatro (4) muestras representativas para realizar los ensayos especificados en la Tabla 320 — 2. Los resultados deben satisfacer las exigencias indicadas en dicha tabla, so pena de rechazo de los materiales deficientes.

Estos ensayos se deben repetir durante el suministro siempre que se produzca un cambio de procedencia, y no se puede utilizar el material hasta contar con los resultados de ensayo y la aprobación del interventor.

Durante esta etapa, el interventor debe comprobar, además, que el material de 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 deben examinar las descargas a los acopios y se debe ordenar el retiro de los agregados que, a simple vista, contengan tierra vegetal, presenten restos de materia orgánica, o tamaños superiores al máximo especificado. Así mismo, se debe ordenar que se acopien por separado aquellos que presenten una anomalía evidente de aspecto, como distinta coloración, plasticidad o segregación.

Al material ya colocado en la vía se le deben realizar controles con la frecuencia que se indica en la Tabla 320 — 4.

Tabla 320 — 4. Verificaciones periódicas de la calidad del material de subbase granular

Ensayo	Norma de ensayo INV	Frecuencia
Granulometría	E-213	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
Desgaste en máquina de Los Ángeles	E-218	Una (1) vez por semana
Equivalente de arena	E-133	Una (1) vez por semana
Ensayo modificado de compactación	E-142	Una (1) vez por semana
CBR de laboratorio	E-148	Una (1) vez por semana

El interventor puede 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 deben realizar 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 deben repetir todos los ensayos especificados en la Tabla 320 — 2 y adoptar los correctivos que sean necesarios.

No se debe permitir el empleo de materiales que no cumplan con los requisitos de calidad indicados en el numeral 320.2.2.

En la eventualidad de que el resultado de alguna prueba no sea satisfactorio, se deben tomar dos (2) muestras adicionales del material y se debe repetir la prueba. Los resultados de ambos ensayos deben ser satisfactorios o, de lo contrario, el interventor no debe autorizar la utilización de este material.

320.5.2.1.3 Conservación de las propiedades de los agregados

Los agregados no deben sufrir una degradación excesiva con motivo de su manejo y compactación en obra. Para verificarlo, cada semana se deben tomar muestras representativas, al menos cada doscientos metros (200 m) del material colocado y compactado durante la semana previa, las cuales se deben someter a los ensayos que se indican en la Tabla 320 — 5. Los resultados de estos ensayos deben satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 320.2.2. Si no las cumplen, se debe suspender inmediatamente el empleo del material y se debe delimitar el área donde se haya utilizado, la cual debe ser demolida y reconstruida por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, empleando un material de subbase 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-213
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 subbase granular terminada debe presentar una superficie uniforme, sin agrietamientos, baches, laminaciones ni segregaciones. Si el interventor considera que es necesario realizar correcciones por este concepto, debe delimitar el área afectada y el constructor la debe escarificar en un espesor de cien milímetros (100 mm) y, después de efectuar las correcciones necesarias, debe mezclar y compactar de nuevo hasta

que, tanto el área delimitada como las adyacentes, cumplan todos los requisitos exigidos en el presente artículo.

La rasante de la superficie terminada no debe superar a la teórica en ningún punto. Tampoco debe quedar por debajo de ella en más de quince milímetros (15 mm). La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la berma no debe ser inferior a la señalada en los documentos del proyecto.

Cuando los niveles de la rasante no se cumplan por defecto y no existan problemas de encharcamiento, el interventor puede aceptar la superficie siempre que la capa superior a ella compense la disminución con el espesor adicional necesario, sin incremento de costo para INVÍAS. De lo contrario, estas áreas deben ser rebajadas, humedecidas, compactadas y terminadas nuevamente, hasta cumplir las cotas y el espesor establecidos en los documentos del proyecto y con las exigencias de la presente especificación.

Cuando no se cumpla por exceso, este se debe corregir por cuenta del constructor, siempre que ello no suponga una reducción del espesor de la capa por debajo del valor especificado en los documentos del proyecto.

La verificación de los perfiles longitudinales y transversales del proyecto se debe hacer mediante puntos de referencia altimétrica a distancias no superiores a veinte metros (20 m). En las zonas de transición de peraltes, esta verificación se debe realizar cada diez metros (10 m) como máximo. El ancho de la sección en ningún caso debe ser inferior al establecido en los documentos del proyecto.

320.5.2.2.2 Compactación

Para efectos del control, se debe considerar como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, la menor área construida que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de capa compactada en el ancho total de la subbase granular.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2) de subbase granular compactada.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.
- La obra ejecutada con el mismo material, de la misma procedencia y con el mismo equipo y procedimiento de trabajo.

Los sitios para la determinación de la densidad de la capa se deben elegir al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro. Se deben efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

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

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,máx}} * 100 \qquad [320.1]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,máx}} * 100 \qquad [320.2]$$

Donde:

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 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-142 (ensayo modificado de compactación) sobre una muestra representativa del mismo.

$C\gamma_{d,máx}$, 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 ($C\gamma_{d,máx}$) que se use para calcular el grado de compactación individual (GC_i) se debe obtener, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños (P_{FG}) presente en ese sitio.

Para la aceptación del lote se deben aplicar los siguientes criterios:

$$GC_l\ (90) \geq 95{,}0\ \%\quad \textit{se acepta el lote} \quad [320.3]$$

$$GC_l\ (90) < 95{,}0\ \%\quad \textit{se rechaza el lote} \quad [320.4]$$

Donde:

GC_l (90), límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del noventa por ciento (90 %), se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje. Este límite 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 deben efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Los lotes que no alcancen las condiciones mínimas de compactación se deben escarificar, homogenizar, llevar al contenido de agua adecuado y compactar 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 debe determina el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no puede ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad [320.5]$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i) debe ser, cuando menos, igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d). Se admite solo 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.

$$e_i \geq 0{,}90 * e_d \quad [320.6]$$

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, el constructor debe escarificar la capa en un espesor mínimo de cien milímetros (100 mm), añadir el material necesario de las mismas características, compactar nuevamente y terminar la capa conforme lo exige el presente artículo.

Si el espesor medio (e_m) resulta inferior al espesor de diseño (e_d), pero ningún valor individual es inferior al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño, el interventor puede admitir el espesor construido, siempre que el constructor se comprometa, por escrito, a compensar la disminución con el espesor adicional necesario de la capa superior, sin que ello implique ningún incremento en los costos para INVÍAS. Si el constructor no suscribe este compromiso, se debe proceder como en el párrafo anterior.

320.5.2.2.4 Planicidad

Se debe comprobar 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 debe colocar tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, y no se deben admitir 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, debe ser delimitada por el interventor, y el constructor debe corregirla con reducción o adición de material en capas de poco espesor, en cuyo caso, para asegurar buena adherencia, es 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 deben satisfacer las mismas exigencias de terminado, compactación, espesor y planicidad incluidas en este numeral, pero queda a criterio del interventor la decisión sobre la frecuencia de las pruebas, la cual debe depender 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 subbase granular, por modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al constructor, el interventor debe delimitar el área afectada y ordenar las correcciones necesarias, por cuyo trabajo debe autorizar el pago al constructor, al respectivo precio unitario del contrato.

320.6 Medida

La subbase granular se debe medir según lo descrito en el numeral 300.6.1 del artículo 300. En el caso de bacheos con material granular de subbase, se debe aplicar lo señalado en el numeral 300.6.2 del mismo artículo. En todos los casos, la medición de volúmenes de material colocado se debe hacer al metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1).

320.7 Forma de pago

La subbase granular se debe pagar según lo que sea aplicable del numeral 300.7 del artículo 300.

320.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
320.1	Subbase granular clase A	Metro cúbico (m^3)
320.2	Subbase granular clase B	Metro cúbico (m^3)
320.3	Subbase granular clase C	Metro cúbico (m^3)
320.4	Subbase granular para bacheo clase A	Metro cúbico (m^3)
320.5	Subbase granular para bacheo clase B	Metro cúbico (m^3)
320.6	Subbase granular para bacheo clase C	Metro cúbico (m^3)

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

ITEM 3,3 - RELLENO CON MATERIAL SELECCIONADO TIPO INVIAS, E=0,10M PARA ANDENES (Especificación INVIAS ART.320)

Subbase granular

Artículo 320 – 22

320.1 Descripción

Este trabajo consiste en el suministro, el transporte, la colocación, el humedecimiento o aireación, la extensión y la conformación, la compactación y el terminado de material de subbase granular aprobado sobre una superficie preparada, en una o varias capas, de conformidad con los alineamientos, las pendientes y las dimensiones indicados en los documentos del proyecto.

Para los efectos de estas especificaciones, se denomina subbase granular a la capa o capas granulares localizadas entre la subrasante y la base granular o la capa 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 subbase granular

Se definen tres clases de subbase granular, en función de la calidad de los agregados (clases A, B y C), como se indica en el numeral 320.2.2. Así mismo, se debe definir el tipo de granulometría que se va a emplear.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, las clases de subbase granular se deben usar como se indica en la Tabla 320 — 1, en función del nivel de tránsito del proyecto, definido en el artículo 100, Ámbito de aplicación, términos y definiciones.

Tabla 320 — 1. Uso típico de las diferentes clases de subbase granular

Clase de subbase granular	Nivel de tránsito
Clase A	NT3
Clase B	NT2
Clase C	NT1

320.2.2 Requisitos de calidad para los agregados

Los agregados para la construcción de la subbase granular deben satisfacer los requisitos de calidad indicados en la Tabla 320 — 2. Además, se deben ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la Tabla 320 — 3.

Tabla 320 — 2. Requisitos de los agregados para subbases granulares

Característica	Norma de ensayo INV	Subbase granular		
		Clase A	Clase B	Clase C
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles (Granulometría A), máximo (%): - 500 revoluciones	E-218	 50	 50	 50
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	E-238	30	35	-
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	 12 18	 12 18	 12 18
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 deleznables, 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 (4 d) de inmersión, mínimo.	E-148	40	30	30

Nota: se puede validar el requisito de durabilidad, empleando cualquiera de los dos sulfatos indicados.

Tabla 320 — 3. Franjas granulométricas del material de subbase 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 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)								
SBG-50 (Nota)	100	70 — 95	60 — 90	45 — 75	40 — 70	25 — 55	15 — 40	6 — 25	2 — 15
SBG-38 (Nota)	-	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 %

Nota: el número indica el tamaño máximo, en milímetros, de las partículas en la gradación empleada.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el constructor debe 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 otro adyacente y viceversa.

Dentro de la franja elegida, el constructor debe proponer al interventor una fórmula de trabajo a la cual se debe 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.

Una vez elegida la franja granulométrica, no se puede cambiar por otra sin previa autorización del interventor.

Además, la relación entre el porcentaje que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) y el porcentaje que pasa el tamiz de 0,425 mm (nro. 40), no debe exceder de dos tercios (2/3) del espesor de la capa compactada, y el tamaño máximo nominal no debe exceder un tercio (1/3) del mismo espesor.

320.3 Equipo

Al respecto, rigen las condiciones generales que se indican en el numeral 300.3 del artículo 300. Para la construcción de la subbase 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. Estos equipos deben ser capaces de asegurar la completa homogeneización de los componentes dentro de las tolerancias fijadas. Los equipos de cargue y transporte deben contar con superficies lisas y limpias, y disponer de lonas o cobertores adecuados para proteger el material durante su transporte.

Para la extensión del material, cuando la obra tenga una superficie por pavimentar superior a los setenta mil metros cuadrados (> 70 000 m^2), se recomienda utilizar extendedoras automotrices, que deben estar dotadas de sistemas automáticos de nivelación y de los dispositivos necesarios para la puesta en obra de la capa de subbase, con la configuración deseada y para proporcionarle un mínimo de compactación. No obstante, la selección del equipo para la extensión debe ser responsabilidad del constructor, con la aprobación del interventor y se debe validar durante su operación.

El equipo de humedecimiento y mezclado debe ser capaz de asegurar la completa homogeneización de los componentes dentro de las tolerancias fijadas.

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 solo debe autorizar la colocación de material de subbase granular, cuando la superficie sobre la cual se debe asentar tenga la compactación apropiada y las cotas y secciones indicadas en los documentos del proyecto, con las tolerancias establecidas.

Además, debe estar concluida la construcción de los desagües y los 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 debe realizar las correcciones necesarias, hasta ser aprobadas por el 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 deben cumplir lo establecido en los numerales 300.4.5 y 300.4.3 de artículo 300, respectivamente.

320.4.5 Colocación, extensión y conformación del material

La colocación del material sobre la capa subyacente se debe hacer en una longitud que no sobrepase mil quinientos metros (1 500 m) de las operaciones de extensión, conformación y compactación del material.

El material se debe disponer en un cordón de sección uniforme, donde el interventor debe verificar su homogeneidad. Si la capa de subbase granular se va a construir mediante la combinación de dos (2) o más materiales, su mezcla se puede realizar en planta o en un patio fuera de la vía.

En el caso de realizar la mezcla en planta, se debe agregar la dosificación requerida de agua para luego transportar el material a su sitio de colocación. Cuando se vaya a realizar la mezcla directamente en el sitio, esta se debe hacer en un patio fuera de la vía, porque su mezcla dentro del área de colocación no está permitida. La mezcla se debe realizar en seco y posteriormente se debe agregar el agua que sea requerida.

En caso de que sea necesario humedecer o airear el material para lograr el contenido de agua óptimo de compactación, el constructor debe emplear el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje el material con un contenido de agua uniforme. Este, después de humedecido o aireado, se debe extender en todo el ancho previsto en una capa uniforme que permita obtener el espesor y el grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de experimentación.

El material se debe extender de tal forma, que no requiera mayor manipulación para obtener el espesor, el ancho y el bombeo especificados en los diseños, evitando en lo posible adiciones de forma sectorizada.

En todo caso, la cantidad de material extendido debe 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 subbase compactada, por construir, es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se debe 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 debe mostrar una distribución granulométrica

uniforme, sin segregaciones evidentes. El interventor no debe permitir la colocación de la capa siguiente, antes de verificar y aprobar la compactación de la precedente, según lo estipulado en el numeral 320.5.2.2.2 de esta especificación. A menos que el interventor apruebe algún procedimiento alternativo, la capa ya compactada se debe escarificar superficialmente con el propósito de ligarla con la siguiente.

En operaciones de bacheo o en aplicaciones en áreas reducidas, el constructor debe proponer 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 subbase granular tenga el contenido de agua apropiado para asegurar la densidad de diseño requerida, se debe conformar ajustándose a los alineamientos y las secciones típicas del proyecto, y se debe compactar 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 el uso del equipo que normalmente se utiliza, se deben compactar con los medios adecuados para el caso, en forma tal que las densidades secas que se alcancen no sean inferiores a la obtenida en el resto de la capa.

La compactación se debe efectuar longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido una longitud no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se debe hacer del borde inferior al superior.

El acabado final de la subbase debe garantizar una superficie lisa y apropiada para la conformación de las capas superiores.

320.4.7 Construcción de la subbase granular sobre un afirmado existente

Si el proyecto contempla que el afirmado existente forme parte de la capa de subbase granular, aquel se debe escarificar en una profundidad de cien milímetros (100 mm) o la que especifique los documentos del proyecto, y se debe conformar y compactar con el fin de obtener el mismo nivel de compactación exigido a la subbase granular, en un espesor de ciento cincuenta milímetros (150 mm).

Si el espesor del afirmado es menor de cien milímetros (100 mm), el interventor puede autorizar que el material de subbase granular se mezcle con el del afirmado, previa la escarificación de este. En todo caso, se deben respetar los espesores de capa mencionados en el numeral 320.4.5.

320.4.8 Apertura al tránsito

Sobre las capas en ejecución se debe prohibir 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 debe distribuir en forma tal que no se concentren ahuellamientos sobre la superficie. El constructor debe responder por los daños originados por esa causa y debe repararlos, sin costo adicional

para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), de acuerdo con las instrucciones del interventor.

320.4.9 Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir la extensión de ninguna capa de material de subbase granular mientras no haya sido realizada la nivelación y la comprobación del grado de compactación de la capa precedente. Tampoco se puede construir la subbase 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 subbase granular se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede 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 sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe 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 subbase granular), cuya profundidad sea superior a trescientos milímetros (300 mm), se deben rellenar con material de subbase granular desde el fondo de la excavación hasta una profundidad de doscientos cincuenta milímetros (250 mm) por debajo de la rasante existente. Este material debe 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 subbase granular en las operaciones de bacheo en ellos, se debe definir en los documentos del proyecto.

320.4.11 Conservación

El constructor debe conservar la capa de subbase 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 debe reparar, sin costo adicional para INVÍAS, todos los daños que se produzcan en la subbase 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.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

320.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Los retrasos en el cronograma debidos a las deficiencias o al reemplazo de materiales, así como los costos asociados a estas circunstancias, son responsabilidad del constructor.

320.5.2.1 Calidad de los agregados

320.5.2.1.1 Control de procedencia

De cada fuente de agregados pétreos y por cada dos mil metros cúbicos (2 000 m^3) del material de un mismo tipo, se deben tomar cuatro (4) muestras representativas para realizar los ensayos especificados en la Tabla 320 — 2. Los resultados deben satisfacer las exigencias indicadas en dicha tabla, so pena de rechazo de los materiales deficientes.

Estos ensayos se deben repetir durante el suministro siempre que se produzca un cambio de procedencia, y no se puede utilizar el material hasta contar con los resultados de ensayo y la aprobación del interventor.

Durante esta etapa, el interventor debe comprobar, además, que el material de 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 deben examinar las descargas a los acopios y se debe ordenar el retiro de los agregados que, a simple vista, contengan tierra vegetal, presenten restos de materia orgánica, o tamaños superiores al máximo especificado. Así mismo, se debe ordenar que se acopien por separado aquellos que presenten una anomalía evidente de aspecto, como distinta coloración, plasticidad o segregación.

Al material ya colocado en la vía se le deben realizar controles con la frecuencia que se indica en la Tabla 320 — 4.

Tabla 320 — 4. Verificaciones periódicas de la calidad del material de subbase granular

Ensayo	Norma de ensayo INV	Frecuencia
Granulometría	E-213	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
Desgaste en máquina de Los Ángeles	E-218	Una (1) vez por semana
Equivalente de arena	E-133	Una (1) vez por semana
Ensayo modificado de compactación	E-142	Una (1) vez por semana
CBR de laboratorio	E-148	Una (1) vez por semana

El interventor puede 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 deben realizar 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 deben repetir todos los ensayos especificados en la Tabla 320 — 2 y adoptar los correctivos que sean necesarios.

No se debe permitir el empleo de materiales que no cumplan con los requisitos de calidad indicados en el numeral 320.2.2.

En la eventualidad de que el resultado de alguna prueba no sea satisfactorio, se deben tomar dos (2) muestras adicionales del material y se debe repetir la prueba. Los resultados de ambos ensayos deben ser satisfactorios o, de lo contrario, el interventor no debe autorizar la utilización de este material.

320.5.2.1.3 Conservación de las propiedades de los agregados

Los agregados no deben sufrir una degradación excesiva con motivo de su manejo y compactación en obra. Para verificarlo, cada semana se deben tomar muestras representativas, al menos cada doscientos metros (200 m) del material colocado y compactado durante la semana previa, las cuales se deben someter a los ensayos que se indican en la Tabla 320 — 5. Los resultados de estos ensayos deben satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 320.2.2. Si no las cumplen, se debe suspender inmediatamente el empleo del material y se debe delimitar el área donde se haya utilizado, la cual debe ser demolida y reconstruida por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, empleando un material de subbase 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-213
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 subbase granular terminada debe presentar una superficie uniforme, sin agrietamientos, baches, laminaciones ni segregaciones. Si el interventor considera que es necesario realizar correcciones por este concepto, debe delimitar el área afectada y el constructor la debe escarificar en un espesor de cien milímetros (100 mm) y, después de efectuar las correcciones necesarias, debe mezclar y compactar de nuevo hasta

que, tanto el área delimitada como las adyacentes, cumplan todos los requisitos exigidos en el presente artículo.

La rasante de la superficie terminada no debe superar a la teórica en ningún punto. Tampoco debe quedar por debajo de ella en más de quince milímetros (15 mm). La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la berma no debe ser inferior a la señalada en los documentos del proyecto.

Cuando los niveles de la rasante no se cumplan por defecto y no existan problemas de encharcamiento, el interventor puede aceptar la superficie siempre que la capa superior a ella compense la disminución con el espesor adicional necesario, sin incremento de costo para INVÍAS. De lo contrario, estas áreas deben ser rebajadas, humedecidas, compactadas y terminadas nuevamente, hasta cumplir las cotas y el espesor establecidos en los documentos del proyecto y con las exigencias de la presente especificación.

Cuando no se cumpla por exceso, este se debe corregir por cuenta del constructor, siempre que ello no suponga una reducción del espesor de la capa por debajo del valor especificado en los documentos del proyecto.

La verificación de los perfiles longitudinales y transversales del proyecto se debe hacer mediante puntos de referencia altimétrica a distancias no superiores a veinte metros (20 m). En las zonas de transición de peraltes, esta verificación se debe realizar cada diez metros (10 m) como máximo. El ancho de la sección en ningún caso debe ser inferior al establecido en los documentos del proyecto.

320.5.2.2.2 Compactación

Para efectos del control, se debe considerar como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, la menor área construida que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de capa compactada en el ancho total de la subbase granular.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2) de subbase granular compactada.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.
- La obra ejecutada con el mismo material, de la misma procedencia y con el mismo equipo y procedimiento de trabajo.

Los sitios para la determinación de la densidad de la capa se deben elegir al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro. Se deben efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

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

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,máx}} * 100 \qquad [320.1]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,máx}} * 100 \qquad [320.2]$$

Donde:

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 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-142 (ensayo modificado de compactación) sobre una muestra representativa del mismo.

$C\gamma_{d,máx}$, 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 ($C\gamma_{d,máx}$) que se use para calcular el grado de compactación individual (GC_i) se debe obtener, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños (P_{FG}) presente en ese sitio.

Para la aceptación del lote se deben aplicar los siguientes criterios:

$$GC_l\ (90) \geq 95{,}0\ \%\quad \textit{se acepta el lote} \quad [320.3]$$

$$GC_l\ (90) < 95{,}0\ \%\quad \textit{se rechaza el lote} \quad [320.4]$$

Donde:

GC_l (90), límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del noventa por ciento (90 %), se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje. Este límite 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 deben efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Los lotes que no alcancen las condiciones mínimas de compactación se deben escarificar, homogenizar, llevar al contenido de agua adecuado y compactar 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 debe determina el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no puede ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad [320.5]$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i) debe ser, cuando menos, igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d). Se admite solo 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.

$$e_i \geq 0{,}90 * e_d \quad [320.6]$$

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, el constructor debe escarificar la capa en un espesor mínimo de cien milímetros (100 mm), añadir el material necesario de las mismas características, compactar nuevamente y terminar la capa conforme lo exige el presente artículo.

Si el espesor medio (e_m) resulta inferior al espesor de diseño (e_d), pero ningún valor individual es inferior al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño, el interventor puede admitir el espesor construido, siempre que el constructor se comprometa, por escrito, a compensar la disminución con el espesor adicional necesario de la capa superior, sin que ello implique ningún incremento en los costos para INVÍAS. Si el constructor no suscribe este compromiso, se debe proceder como en el párrafo anterior.

320.5.2.2.4 Planicidad

Se debe comprobar 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 debe colocar tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, y no se deben admitir 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, debe ser delimitada por el interventor, y el constructor debe corregirla con reducción o adición de material en capas de poco espesor, en cuyo caso, para asegurar buena adherencia, es 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 deben satisfacer las mismas exigencias de terminado, compactación, espesor y planicidad incluidas en este numeral, pero queda a criterio del interventor la decisión sobre la frecuencia de las pruebas, la cual debe depender 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 subbase granular, por modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al constructor, el interventor debe delimitar el área afectada y ordenar las correcciones necesarias, por cuyo trabajo debe autorizar el pago al constructor, al respectivo precio unitario del contrato.

320.6 Medida

La subbase granular se debe medir según lo descrito en el numeral 300.6.1 del artículo 300. En el caso de bacheos con material granular de subbase, se debe aplicar lo señalado en el numeral 300.6.2 del mismo artículo. En todos los casos, la medición de volúmenes de material colocado se debe hacer al metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1).

320.7 Forma de pago

La subbase granular se debe pagar según lo que sea aplicable del numeral 300.7 del artículo 300.

320.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
320.1	Subbase granular clase A	Metro cúbico (m^3)
320.2	Subbase granular clase B	Metro cúbico (m^3)
320.3	Subbase granular clase C	Metro cúbico (m^3)
320.4	Subbase granular para bacheo clase A	Metro cúbico (m^3)
320.5	Subbase granular para bacheo clase B	Metro cúbico (m^3)
320.6	Subbase granular para bacheo clase C	Metro cúbico (m^3)

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

CAPITULO DE CONCRETOS Y ACEROS

ITEM 4,1 - PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO CON MÓDULO DE ROTURA DE 4,0 MPA, ESPESOR DE 20 CENTÍMETROS, INCLUYE CORTE Y SELLADO DE JUNTAS, ANTISOL ROJO Y PLASTICO NEGRO A LO LARGO DE LA CALZADA (Especificación INVIAS ART.500)

Pavimento de concreto hidráulico

Artículo 500 – 22

500.1 Descripción

Este artículo se refiere a la construcción de una capa de rodadura de concreto hidráulico, incluyendo la producción de materiales, el diseño, la elaboración y el transporte de la mezcla de concreto, procedimientos de acabado superficial, protección y curado del concreto, corte y sellado de juntas, apertura al tránsito y otras actividades necesarias para la correcta construcción de una capa de rodadura de concreto, con sus respectivos procedimientos de control de materiales, construcción y pavimento terminado. La capa de rodadura en concreto hidráulico se debe construir de acuerdo con los alineamientos, las cotas, las secciones, los espesores y demás parámetros indicados en su diseño y en los documentos del proyecto.

500.1.1 Tipos de pavimento de concreto hidráulico

Los procedimientos establecidos en este artículo son aplicables a los siguientes tipos de pavimentos de concreto hidráulico, de conformidad con las definiciones establecidas en el numeral 500.9.

- Pavimento de concreto convencional con juntas.
- Pavimento con juntas y losas reforzadas.
- Sobrelosas sobre pavimento de concreto, adheridas.
- Sobrelosas sobre pavimento de concreto, no adheridas.
- Sobrelosas sobre pavimento asfáltico, adheridas.
- Sobrelosas sobre pavimento asfáltico, no adheridas.
- Sobrelosas sobre pavimento compuesto, adheridas.
- Sobrelosas sobre pavimento compuesto, no adheridas.
- Pavimento continuamente reforzado (con limitaciones).

500.1.2 Restricciones

Por tratarse de modalidades de pavimentos de concreto hidráulico con diferencias sustanciales en su metodología de construcción, este artículo no es aplicable para los siguientes tipos de pavimentos de concreto:

- Pavimentos de concreto estampados.
- Pavimentos de concreto ultradelgados.
- Pavimentos de concreto compactado con rodillo (CCR).
- Pavimentos de concreto prensado.
- Pavimentos de losas prefabricadas de concreto.
- Pavimentos de concreto postensados.

500.2 Materiales

500.2.1 Concreto

Está conformado por una mezcla homogénea de agregados, material cementante, adiciones suplementarias, agua, aditivos y eventualmente adiciones complementarias, materiales que deben cumplir los requisitos básicos que se mencionan a continuación.

500.2.1.1 Cemento hidráulico

Rige lo establecido en el numeral 630.2.1.1 del artículo 630, Concreto estructural.

500.2.1.2 Adiciones suplementarias

Rige lo establecido en el numeral 630.2.1.2 del artículo 630.

500.2.1.3 Agregados

Rige lo establecido en el numeral 630.2.1.3 del artículo 630.

500.2.1.3.1 Agregado fino

Rige lo establecido en el numeral 630.2.1.3.1 del artículo 630.

500.2.1.3.2 Agregado grueso

Se denomina agregado grueso a la porción del agregado retenida en el tamiz de 4,75 mm (nro. 4). Dicho agregado debe estar compuesto de grava, grava triturada, roca triturada o concreto triturado fabricado con cemento hidráulico, que cumpla lo especificado en el numeral 630.2.1.3 del artículo 630; sus fragmentos deben ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. No se permite la utilización de agregado grueso proveniente de escorias de alto horno. Debe estar exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan afectar adversamente la calidad de la mezcla.

Su gradación se debe ajustar a alguna de las señaladas en la Tabla 500 — 1. Siempre que el tamaño máximo nominal sea mayor de veinticinco milímetros (25,0 mm) (1 pulgada), gradaciones AG-1 y AG-2, el agregado grueso se debe suministrar en las dos fracciones que indica la Tabla 500 — 1.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

Tabla 500 — 1. Granulometrías para el agregado grueso en losas 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
INVÍAS		**ASTM C33**	2 ½ Pulgadas	2 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	3/4 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 8
			Pasa tamiz (%)								
AG-1	Fracción 1: 2 pulgadas a 1 pulgada	3	100	90 — 100	35 — 70	0 — 15	-	0 — 5	-	-	-
	Fracción 2: 1 pulgada a nro.4	57	-	-	100	95 — 100	-	25 — 60	-	0 — 10	0 — 5
AG-2	Fracción 1: 1 ½ pulgadas a ¾ pulgada	4	-	100	90 — 100	20 — 55	0 — 15	-	0 — 5	-	-
	Fracción 2: ¾ pulgada a nro. 4	67	-	-	-	100	90 — 100	-	20 — 55	0 — 10	0 — 5
AG-3	1 pulgada a nro. 4	57	-	-	100	95 — 100	-	25 — 60	-	0 — 10	0 — 5
AG-4	2 pulgadas a nro. 4	357	100	95 — 100	-	35 — 70	-	10 — 30	-	0 — 5	-
AG-5	1 ½ pulgadas a nro. 4	467	-	100	95 — 100	-	35 — 70	-	10 — 30	0 — 5	-
AG-6	1 pulgada a ½ pulgada	5	-	-	100	90 — 100	20 — 55	0 — 10	0 — 5	-	-
AG-7	1 pulgada a 3/8 pulgada	56	-	-	100	90 — 100	40 — 85	10 — 40	0 — 15	0 — 5	-
AG-8	¾ pulgada a 3/8 pulgada	6	-	-	-	100	90 — 100	20 — 55	0 — 15	0 — 5	-

El tamaño máximo nominal del agregado no debe superar un tercio (1/3) del espesor de diseño de la capa de rodadura. El agregado grueso debe cumplir, además, los requisitos de calidad señalados en la Tabla 500 — 2.

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 — 2 para dureza, durabilidad y contenido de sulfatos deben ser

satisfactorios de manera independiente por cada uno de ellos. La limpieza y las propiedades geométricas se miden sobre muestras del agregado combinado en las proporciones definidas en la fórmula de trabajo.

La curva granulométrica obtenida al mezclar los agregados grueso y fino en el diseño y construcción del concreto debe ser continua y asemejarse a las teóricas obtenidas al aplicar las fórmulas de Fuller o Bolomey, o por cualquier otro método validado por alguna institución técnica nacional o internacional, y aprobado por el interventor.

En caso de no cumplir los requisitos propuestos por algunas de las metodologías de dosificación, se pueden realizar optimizaciones granulométricas con base en métodos de empaquetamiento granular. El constructor debe revisar la propuesta con aprobación del interventor, mediante la elaboración de mezclas de prueba, con el fin de comprobar que las características proporcionadas en el diseño cumplan los requisitos del concreto, tanto en estado fresco como en estado endurecido para el proyecto en particular.

Se pueden considerar otros métodos para la dosificación del concreto, además de los basados en el contenido de cemento, ya que estos no son los únicos usados. Además de esto, en caso de no cumplir los requisitos de esas metodologías, se acepta la optimización granulométrica, por medio de métodos de empaquetamiento granular. Sin embargo, estos deben ser verificados y aprobados, para garantizar la calidad requerida.

Tabla 500 — 2. Requisitos del agregado grueso para losas de concreto hidráulico

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de Los Ángeles, 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	 12 18
Limpieza (F)		
Terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%).	E-211	3
Partículas livianas, máximo (%).	E-221	0,5

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Geometría de las partículas (F)		
Partículas fracturadas mecánicamente (una cara), mínimo (%).	E-227	60
Índice de alargamiento, máximo (%).	E-230	25
Índice de aplanamiento, máximo (%).	E-230	25
Características químicas (O)		
Proporción de sulfatos del material combinado, expresado como $SO_4^=$, máximo (%).	E-233	1,0

500.2.1.4 Agua

Rige lo establecido en el numeral 630.2.1.4 del artículo 630.

500.2.1.5 Aditivos y adiciones complementarias

Rige lo establecido en el numeral 630.2.1.5 del artículo 630.

500.2.2 Aceros utilizados en losas de concreto hidráulico

En los documentos del proyecto se debe indicar el acero necesario para la construcción de la capa de rodadura, bien sea para los elementos de amarre o transferencia en las juntas o como refuerzo de las losas, cuando sea especificado. Las barras de acero, cuando estas se requieran según el proyecto, deben cumplir la NTC 161 (ASTM A615).

Si la losa de concreto tiene presencia de acero, se deben tomar todas las medidas necesarias para evitar la corrosión, tales como (i) limitar el contenido total de cloruros en la mezcla de concreto, según las tablas de tipo de exposición y requisitos dados en el numeral 630.2.6.1 del artículo 630; (ii) en vez de acero (barras, mallas, fibras) utilizar otros materiales que no sean afectados por los cloruros, entre otras medidas.

500.2.2.1 Sistemas de transferencia

Cuando sea especificado, en las juntas transversales que muestren los documentos del proyecto, se deben colocar pasadores como mecanismo para garantizar la transferencia efectiva de carga entre las losas adyacentes.

Cualquier sistema de transferencia de carga con dovelas utilizado en las losas de concreto debe tener la suficiente resistencia a la corrosión para soportar el ambiente en el que se utilice durante la vida útil prevista de la estructura del pavimento. Por esta razón, las barras de transferencia deben llevar una película de anticorrosivo (base del tipo epoxi-zinc o equivalente avalada por el interventor) en la totalidad de la dovela, de acuerdo con la especificación AASHTO M 254. No es necesario cubrir los extremos de los tacos. Las barras deben tener las siguientes características:

- Acero redondo y liso.
- Con límite de fluencia (*fy*) mínimo de cuatrocientos veinte megapascales (420 MPa).
- Ambos extremos de los pasadores deben ser lisos y estar libres de rebabas cortantes, o de cualquier imperfección o deformación

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

que restrinja su deslizamiento libre dentro del concreto.

Existen aplicaciones especiales de barras de transferencia que requieren otros aditamentos, como por ejemplo las juntas de expansión o aislamiento con transferencia de carga, los cuales requieren la utilización de elementos especiales como cápsulas en sus extremos u otros accesorios.

Se pueden utilizar, además, otros sistemas para la transferencia de carga como las dovelas diamantadas, compuestos de Fibras de Refuerzo con Polímeros (FRP) u otro sistema que cumpla el diseño del proyecto, y con el manual técnico de su proveedor certificado para su instalación. En cualquier caso, el sistema de transferencia seleccionado debe ser verificado antes de su instalación y aprobado por el interventor.

Cuando se escojan las barras de acero como sistema de transferencia de carga, el constructor debe proporcionar todas las memorias de cálculo donde se contemplen diámetro, longitud, resistencia, separación entre estas, empotramiento mínimo en cada losa y la separación entre la primera barra y la junta longitudinal adyacente.

500.2.2.1.1 Ubicación de las barras de transferencia

Los elementos de las juntas de las losas de concreto hidráulico se deben colocar, de acuerdo con los documentos del proyecto.

Los pasadores se colocan 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 documentos del proyecto. Se debe dejar una referencia precisa que defina dicha posición a la hora de completar la junta.

Durante la colocación del concreto, se debe asegurar y verificar que la máxima desviación, tanto en planta como en elevación, de la posición del eje de un pasador respecto de la teórica no sea superior de diez milímetros (10 mm), de igual manera, la desviación angular respecto a la dirección teórica del eje de cada pasador, medida por la posición de sus extremos, no debe ser mayor de diez milímetros (10 mm) si se insertan por vibración o si se colocan previamente al mismo.

Salvo que los pasadores se introduzcan por vibración en las losas mediante máquinas adecuadas para ello, se deben disponer, con anterioridad al vertido del concreto, sobre canastas de varillas metálicas suficientemente estables y con uniones soldadas que se fijen a la base de un modo firme. El desplazamiento del extremo del pasador no debe ser superior a cero como cinco por ciento (0,5 %) de su longitud.

500.2.2.1.2 Alineación de las barras de transferencia

Antes de la colocación del concreto, las barras de transferencia deben estar alineadas entre sí y deben ser paralelas a la junta longitudinal. Una vez endurecido el concreto, la alineación de estas se debe verificar, mediante ensayos no destructivos tales como escáneres o radares.

Si se advierten desviaciones superiores a las consideradas aceptables anteriormente mencionadas, el constructor debe realizar, a sus

expensas, los trabajos de corrección de las varillas desviadas, por medio de la implementación de un diseño de reparación para lograr lo que se establece en los documentos del proyecto. Se debe demostrar que cada barra cumpla las tolerancias anteriormente dichas, y su aceptación debe ser aprobada por el interventor.

500.2.2.1.3 Condiciones de colocación

500.2.2.1.3.1 Colocación de antiadherentes

Para prevenir la adherencia de las barras de transferencia con el concreto y permitir su libre movimiento, estas deben estar ligeramente lubricadas con un antiadherente aprobado por el interventor en la totalidad de su longitud inmediatamente antes de su instalación y previa aprobación del interventor. Así mismo, se debe garantizar que no haya exceso de material antiadherente que pueda generar vacíos alrededor de la dovela, comprometiendo la eficiente transferencia de la carga. No se permite solo el engrase de la mitad o un porcentaje de la barra.

500.2.2.1.3.2 Sistemas automáticos y manuales de colocación de barras de amarre

Se pueden emplear insertadores automáticos de barras pasajuntas (DBI), los cuales van incorporados a la pavimentadora, y se encargan de alimentar, depositar e insertar las barras de transferencia de carga en las juntas transversales. Estos deben ser programados para que la ubicación de las barras pasajuntas concuerden con las establecidas en los documentos del proyecto. O se pueden colocar manualmente, de acuerdo con las especificaciones del proyecto, cumpliendo las ubicaciones y las cotas establecidas en los documentos del proyecto.

500.2.2.2 Barras de amarre

En las juntas que muestren los documentos del proyecto y/o en los sitios en que indique el interventor, se deben colocar barras de amarre, con el propósito de evitar el desplazamiento de las losas y la abertura de las juntas.

En general, las barras de amarre no deben ser dobladas y enderezadas. Sin embargo, si por razones constructivas es absolutamente indispensable doblarlas y enderezarlas con expresa autorización del interventor, se debe utilizar un acero con límite de fluencia (*fy*) de doscientos ochenta megapascales (280 MPa). En este caso, el constructor debe rediseñar el sistema de barras de amarre para acomodarlo a la nueva resistencia y ductilidad, rediseño que debe ser verificado y aprobado por el interventor.

500.2.2.2.1 Características de las barras de amarre

Las barras deben ser corrugadas, con límite de fluencia (*fy*) de cuatrocientos veinte megapascales (420 MPa).

500.2.2.2.2 Ubicación de las barras de amarre

Cuando el proyecto contemple la colocación de barras de amarre, estas se deben instalar en forma perpendicular a la junta longitudinal, con la separación mostrada en los documentos del proyecto. Deben quedar aproximadamente a la mitad del espesor de la losa y en forma paralela a la superficie del pavimento, con una mitad a cada lado de la junta.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

500.2.2.2.3 Sistemas de colocación de barras de amarre

500.2.2.2.3.1 Manual

Cuando la pavimentación se realice entre formaletas fijas, las varillas se insertan manualmente dentro de estas, 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 introducen manualmente en la mitad del espesor de las losas en estado fresco, a las separaciones previstas en los documentos del proyecto.

Si las barras de amarre se colocan en losas endurecidas, se deben efectuar 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 insertan manualmente y se anclan con la resina polimérica mencionada en el numeral 630.2.5 del artículo 630.

500.2.2.2.3.2 Canastas

Las canastas usadas para los pasadores deben cumplir lo establecido en el ACI 302, en cuanto a material, dimensiones, ubicación y engrase, todo lo cual debe ser 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 requiere la colocación de, al menos, una parrilla de refuerzo en las losas que tengan las siguientes características:

- Longitud de la losa (paralela al sentido del tránsito) superior a cinco coma cinco (5,5) veces el radio relativo de rigidez (relación entre la rigidez de la losa y la rigidez del soporte).
- Losas con relación largo/ancho mayor que uno coma veinticinco (1,25).
- 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 losas adyacentes.
- Losas en los aproches con los puentes.

El acero de refuerzo de las losas debe estar constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (*fy*) de cuatrocientos veinte megapascales (420 MPa). Todos los detalles del refuerzo, como cuantía, distribución, localización, etc., deben quedar claramente definidos en los documentos del proyecto.

Para el refuerzo secundario se puede calcular la dosificación de macro fibras sintéticas estructurales, que cumplan la norma ASTM C1116, para el tipo III (*Syntetic Fiber-Reinforced Concrete o Shotcrete*), las cuales proveen el mismo nivel de resistencia posagrietamiento residual que un acero de refuerzo. Para contracción, los esfuerzos de tensión de acero (*fst*), deben ser calculados. Empleando factores de conversión se debe llevar este esfuerzo a flexión. Si el diseño ha sido desarrollado y el acero de refuerzo es conocido, el área de

acero (*As*) puede ser usada directamente para calcular los esfuerzos de tensión en el acero. Para esfuerzos por temperatura, el esfuerzo de flexión puede ser calculado basado en el espesor y el gradiente de temperatura, así como las propiedades del concreto. Se requieren datos del ensayo bajo la norma ASTM C1609, para determinar la dosis requerida de fibra sintética estructural que pueda proveer la misma capacidad de momento posagrietamiento que el original acero de refuerzo. Se debe presentar el diseño y para su implementación, el interventor debe aprobarlo.

500.2.2.3.1 Condiciones del refuerzo de las losas de concreto

En las losas de concreto de tipo armado con juntas, las armaduras, se deben disponer en los sitios y con la forma establecidos en los documentos del proyecto, sujetándolas, de ser preciso, para impedir cualquier movimiento durante la colocación del concreto. Se prohíbe cualquier tipo de carga externa sobre las mallas, y se deben encontrar libres de suciedad, óxido no adherente, aceite, grasa y otros materiales que pueden afectar la adherencia del acero con el concreto. Se pueden usar fibras de acero como mecanismo de refuerzo. Esto se debe especificar en el diseño y se debe cumplir con la norma ASTM A820.

Si la unión de las varillas no se hace mediante soldadura a tope, las varillas longitudinales se deben traslapar en dos (2) mallas y las transversales en una (1). Al lado de cada junta, las armaduras se interrumpen 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 no se deben suministrar en rollos.

Las varillas transversales van encima de las longitudinales y el recubrimiento de estas, cuando se trate de la armadura superior, se debe encontrar entre sesenta y ochenta milímetros (60 mm — 80 mm).

500.2.3 Productos para el curado del concreto

Rige lo establecido en el numeral 630.2.3 del artículo 630.

500.2.4 Materiales de separación

En caso de que los documentos del proyecto lo dispongan, se emplean elementos 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, o barreras de vapor para impedir la migración de vapor de agua o fluidos que puedan ser perjudiciales al concreto o al acero.

La implementación de estos elementos de separación 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.

Los materiales pueden ser:

- Plásticos
- Membranas
- Antiadherentes
- Emulsiones

- Mezclas asfálticas
- Papel
- Barreras de vapor
- Cualquier otro material que cumpla la finalidad de separar la losa de concreto de la superficie de apoyo

Sea cual sea el material escogido, este debe ser aprobado por el interventor.

500.2.5 Productos para juntas

500.2.5.1 Material de sello

El material de sello puede ser: sellos asfálticos aplicados en caliente, elastómeros (siliconas, poliuretanos o material equivalente), o sellos preformados. En los documentos del proyecto se debe especificar el tipo de material de sello por emplear en las juntas de las losas. Este debe cumplir con las especificaciones de la Tabla 500 — 3.

Tabla 500 — 3. Especificaciones para el material de sello de juntas en losas de concreto hidráulico

Tipo de sello	Especificación
Sellos elastoméricos	ASTM D5893 Tabla 500 — 4 para sellos de poliuretano EN 14188-2
Sellos asfálticos aplicados en caliente	ASTM D6690
Sellos preformados	ASTM D3575

Los sellos de poliuretano para juntas deben cumplir los requisitos establecidos en la EN 14188-2, o los requisitos de desempeño según la Tabla 500 — 4, y su cumplimiento debe ser verificado por el interventor.

Tabla 500 — 4. Requisitos para sellos de poliuretano

Propiedad	Norma de ensayo	Requisito para sellos de poliuretano estándar (Nota 1)	Requisitos para sellos de poliuretano para concreto húmedo o con menos de 28 días de curado (Nota 2)
Contenido de sólidos (%)	-	mín. 98	mín. 98
Gravedad específica	-	mín. 1,30	mín. 1,30
Dureza (Escala durómetro A)	ASTM C661	40 ± 5	40 ± 5
Formación de piel *Skin Time* (horas)	ASTM C679	máx. 2	máx. 2
Adherencia al concreto (kN/m)	ASTM C794	mín. 5,4	mín. 5,4
Adherencia al concreto luego de inmersión (kN/m)	ASTM C794	N/A	mín. 4,9

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

Propiedad	Norma de ensayo	Requisito para sellos de poliuretano estándar (Nota 1)	Requisitos para sellos de poliuretano para concreto húmedo o con menos de 28 días de curado (Nota 2)
Adherencia al concreto húmedo o verde (kN/m)	ASTM C794	N/A	> 2,6
Envejecimiento acelerado	ASTM C793	Pasa	Pasa
Resistencia a la tensión (kPa)	ASTM D412	mín. 1 720	mín. 1 720
Elongación (%)	ASTM D412	min 600	min 600
Inclinación permitida de aplicación (%)	-	máx. 5	máx. 5
Resistencia al rasgado (kPa)	ASTM D412	mín. 240	mín. 240
Capacidad de movimiento (%). (Nota 3)	ASTM C719	mín. ± 35	mín. ± 35

Nota 1: se deben cumplir estos requisitos cuando el concreto tenga una edad igual o mayor a veintiocho días (28 d) y se encuentre seco.

Nota 2: se deben cumplir estos requisitos cuando el concreto tenga una edad menor a veintiocho días (28 d) o se encuentre húmedo, pero suficientemente seco.

Nota 3: de acuerdo con los requerimientos del proyecto y con base en las directrices del diseñador del pavimento.

Los sellos preformados deben cumplir los requisitos establecidos en la Tabla 500 — 5.

Tabla 500 — 5. Requisitos para sellos preformados

Propiedad	Norma de ensayo	Requisito
Elongación a rotura (%)	ASTM D3575 Sufijo T	mín. 357
Resistencia a la tensión (kPa)	ASTM D3575 Sufijo T	mín. 372
Compresión Set (%)	ASTM D3575 Sufijo B 50 %, ½ hora	mín. 40
Compresión Set (%)	ASTM D3575 Sufijo B 50 %, 24 horas	mín. 13
Resistencia al desgarro (N/mm)	ASTM D3575 Sufijo G	mín. 2,2
Densidad (kg/m^3)	ASTM D3575 Sufijo W	32
Absorción de agua, siete días (7 d)	DIN 53428	1 % en volumen máximo
Dureza Shore	ASTM D2240	00 – 48

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

500.2.5.2 Tirilla o cordón de respaldo

La tirilla de respaldo sirve de soporte para la colocación del material sellado y debe cumplir las siguientes características:

- El cordón de respaldo debe quedar comprimido en la cavidad en el sitio especificado en el diseño.
- Con el fin de mantener el factor de forma del elastómero y evitar su ingreso a la parte inferior de la cavidad, el diámetro del cordón debe ser superior por lo menos en un veinticinco por ciento (25 %) al ancho de la cavidad de sellado.
- El cordón de respaldo debe ser de un material que no se adhiera a las paredes de la cavidad de la junta y que durante la aplicación no se degrade con las temperaturas del material sellante. Este material del cordón debe cumplir la especificación ASTM D5249.

500.2.5.3 Material preformado para juntas de expansión

El material de relleno para juntas de expansión debe ser suministrado en piezas de la altura y el largo requeridos para la junta. Previa autorización del interventor, se pueden utilizar ocasionalmente dos piezas para completar el largo (nunca la altura), caso en el cual los dos extremos que se juntan deben quedar adecuadamente asegurados, para garantizar la conservación de la forma requerida, sin moverse. Los materiales por emplear deben cumplir alguna de las especificaciones ASTM D994 y ASTM D3575, junto con los requerimientos definidos en la Tabla 500 — 6.

Se permite el uso de materiales y nuevas tecnologías avaladas por la ASSHTO tales como espumas de poliuretano de alta densidad, para el sello para juntas de expansión que tengan certificaciones de departamentos de transporte de los Estados Unidos y que cumplan con:

Tabla 500 — 6. Requisitos para espumas de poliuretano de alta densidad para juntas de expansión

Propiedad	Norma de ensayo ASTM	Requisito
Elongación a rotura (%)	D3574	mín. 150
Resistencia a la tensión (MPa)	D3574	mín. 0,124 (18 psi)
Capacidad térmica de movimiento a quinientos (500) ciclos (%)	E1399	+ 60 y - 60

500.2.6 Resina polimérica y material para reparación parcial de pavimentos

Rige lo establecido en el numeral 630.2.5 del artículo 630.

500.2.7 Requisitos de durabilidad y resistencia

El diseño de la mezcla debe cumplir todos los requisitos de durabilidad y resistencia. Para ello, se deben tomar como requisitos límites

los parámetros más conservadores entre los obtenidos por:

- Durabilidad
- Resistencia

500.2.7.1 Durabilidad

Rige lo establecido en el numeral 630.2.6.1 del artículo 630.

500.2.7.2 Resistencia

Se debe proveer la resistencia del concreto solicitada en los documentos y las especificaciones del proyecto. Esta no debe ser menor de veintiocho megapascales (28 MPa), y debe cumplir los especificado en la Tabla 500 — 8.

500.3 Equipo

El constructor debe poner al servicio de los trabajos contratados todo el equipo necesario para manejar los materiales y las mezclas, y para ejecutar todas las partes de la capa de rodadura de concreto hidráulico, conforme se establece en el presente artículo.

Para definir el equipo de construcción de la capa de rodadura, el constructor debe 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 debe considerar, entre otros, los siguientes aspectos:

- Perfil especificado para la vía.
- Ancho de calzada.
- Ancho de vaciado.
- Espesor de las losas de concreto.
- Condiciones del entorno.
- Rendimiento requerido.

Todo el equipo debe ser situado en el lugar 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 debe ajustar a lo dispuesto en la legislación vigente en las materias ambiental, de seguridad, de salud y de transporte, y se debe cumplir además lo establecido en la NSR en lo relacionado con calidad, mezclado y colocación, y con la normativa NTC 3318/ASTM C94.

500.3.1 Equipo para la elaboración de agregados y la producción del concreto

Rige lo establecido en el numeral 630.3.1 y 630.3.2 del artículo 630.

500.3.2 Equipo para el transporte del concreto al sitio de las obras

Rige lo establecido en el numeral 630.3.3 del artículo 630.

500.3.3 Equipos para la colocación del concreto

La mezcla de concreto se debe extender y consolidar por los medios apropiados para garantizar la homogeneidad de la mezcla colocada, al tiempo que se evita la segregación y la aparición de vacíos, se alcanza el espesor y la densidad adecuados, así como el

contenido de aire especificado. La colocación se puede realizar mediante extendido entre formaletas fijas, con equipos de formaletas deslizantes o equipos láser.

El constructor debe proponer los equipos de colocación del concreto adecuados para las diferentes situaciones, teniendo en cuenta las características del proyecto, el tipo de concreto, las condiciones logísticas del tramo a colocar, etc. Estos sistemas de colocación deben ser aprobados por el interventor.

En ningún caso se permite el extendido y la nivelación manual del concreto mediante el uso de regla, codal o boquillera.

Tabla 500 — 7. Equipos mínimos propuestos para la colocación del concreto

Tipo de tránsito	Equipos
NT1	Formaleta fija: la formaleta fija debe ser de un material capaz de soportar el empuje del concreto y el peso del equipo usado durante las operaciones de pavimentación sin deformarse ni pandearse.
	Flota motorizada de magnesio o de aleación equivalente.
	Regla vibratoria tipo cercha.
	Rodillo extendedor sencillo. Se debe garantizar que el diámetro del rodillo sea proporcional al ancho del carril para evitar el pandeo (flecha o catenaria).
	Rodillo extendedor de tres tubos con o sin juego de vibradores.
	En el caso de no contar con juego de vibradores externos o adosados al equipo, se debe garantizar la cantidad suficiente de vibradores manuales externos para asegurar la adecuada vibración del tramo a pavimentar.
NT2	Formaleta fija: la formaleta fija debe ser de un material capaz de soportar el empuje del concreto y el peso del equipo usado durante las operaciones de pavimentación, sin deformarse ni pandearse.
	Cercha con rodillo transversal que circula sobre rieles.
	Rodillo extendedor de tres tubos con o sin juego de vibradores.
	En el caso de no contar con juego de vibradores externos o adosados al equipo, se debe garantizar la cantidad suficiente de vibradores manuales externos para asegurar la adecuada vibración del tramo a pavimentar.
NT3	Pavimentadora de formaleta o cimbra deslizante. - Con o sin sistema de instalación de dovelas de transferencia de carga (*Dowel Bar Insert* – DBI), como alternativa a la instalación manual de canastillas de transferencia de carga. - Con o sin sistema de instalación de barras de amarre. - Con o sin sistema de frotado automático (fratasado automático).
	Regla vibratoria o rodillo extendedor de tres tubos con o sin juegos de vibradores cuando la construcción deba ser complementada en áreas pequeñas.
	Cercha con rodillo transversal que circula sobre rieles (en tramos planos).
	Texturizador automático como alternativa al texturizador manual.
	Equipo de aplicación de membrana de curado automático como alternativa a los aspersores motorizados.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

Tipo de tránsito	Equipos
NT1, NT2 y NT3	Kit de pavimentación (para NT1, NT2 y NT3): - Enrasador o regla articulada de chequeo con rótula y extensiones suficientes para abarcar el ancho de pavimentación. La sección mínima de este elemento es de diez centímetros (10 cm) por cinco centímetros (5 cm) (4 pulgadas por 2 pulgadas), longitud o ancho mínimo de tres metros (3 m). *Super flat pavers straigthedges* o *bump cutter*. - Flotador o flota de magnesio o de material equivalente, longitud o ancho mínimo 3 m, con rótula y extensiones suficientes para abarcar el ancho de pavimentación. - Tela o costal de microtexturizado de fique, yute o material equivalente. Debe ser de una sola pieza continua sin costuras intermedias para abarcar el ancho de pavimentación. Se debe pasar húmedo y limpiar periódicamente durante el proceso. - Cepillo o peine de macrotexturizado (con extensiones suficientes para abarcar el ancho de pavimentación). La separación de los dientes puede ser continua o discontinua y la aplicación del macrotexturizado puede ser transversal o longitudinal dependiendo de las especificaciones del diseñador. - Aspersores motorizados para la aplicación del retardante de evaporación. - Aspersores motorizados para la aplicación de la membrana de curado. - Cortadora manual o autopropulsada con disco diamantado y refrigeración por agua. - Hidrolavadora para garantizar que en término de 3 horas después de realizado el corte inicial, la masilla generada por el corte sea retirada de la caja de corte. - Soplador o compresor para la limpieza de la caja de corte, previo a la aplicación de la tirilla de respaldo o soporte del elastómero del sello. - Aplicador para garantizar la profundidad de la tirilla de respaldo del sello. - Aplicador del elastómero (poliuretano o silicona).

El constructor debe garantizar la calibración periódica de los equipos, de acuerdo con el plan de mantenimiento y la calibración de estos, fijado en el plan de calidad del proyecto. Las calibraciones deben ser realizadas por laboratorios de calibración que cuenten con la acreditación por parte del Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC) para la unidad de medida por verificar, garantizando que las mediciones realizadas por la empresa sean trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI).

Estos equipos deben ser probados y aprobados en el tramo de prueba especificado en el numeral 500.4.5.

500.4 Ejecución de los trabajos

500.4.1 Consideraciones constructivas con relación al diseño de la capa de rodadura

El alcance de los diseños de la capa de rodadura de concreto hidráulico debe incluir los siguientes elementos, los cuales también deben ser verificados por el constructor, y aprobados por el interventor para poder iniciar la construcción de las losas de concreto:

- Método de diseño utilizado
  - Memoria de diseño
    - Criterios utilizados
    - Variables
    - Cálculos

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

- Tolerancias de los elementos terminados
  - Espesores
  - Dimensiones de las losas de acuerdo con los documentos del proyecto
  - Dimensiones de las cavidades
  - Ubicación de elementos de transferencia y amarre
  - Otras tolerancias

- Espesores de las capas del pavimento
  - Espesores de las capas de base o de estructuras existentes
  - Espesores de las losas de concreto

- Sistema de transferencia
  - Tipo y características del sistema de transferencia
    - Barras (acero, barras de polímero reforzado con fibras, otros materiales)
    - Dovelas diamantadas
    - Platinas
  - Resistencia de los elementos de transferencia
  - Calidad de los extremos de corte de las barras
    - Sin rebabas
    - Corte liso
  - Dimensiones
    - Barras (diámetro de las barras, longitud de las barras, separación entre barras, separación entre junta y primera barra)
    - Dovelas y platinas (espesor, dimensiones, separación entre dovela o platina, separación entre junta y primera dovela, elementos necesarios para la colocación y funcionamiento)
  - Ubicación en las losas
  - Sistema de antiadherencia y consideraciones para el uso
  - Longitud de engrase de la barra
  - Consideraciones para la colocación
    - Uso de canastas
    - Uso de sistemas automáticos de inserción
  - Sistemas especiales de transferencia
    - Uso de cápsulas y soportes

- Sistema de amarre
  - Tipo y características del sistema de amarre
    - Barras (acero, poliméricas, fibras de vidrio u otro material)
  - Resistencia de los elementos de amarre
  - Dimensiones
    - Diámetro de las barras
    - Longitud de las barras
    - Separación entre barras
    - Separación entre junta y primera barra
  - Ubicación en las losas
  - Consideraciones para la colocación
    - Inserción manual
    - Uso de canastas
    - Uso de sistemas automáticos de inserción

- Producción del concreto
  - Resistencia a la flexión
  - Resistencia a la compresión
  - Consideraciones
    - Módulo de elasticidad
    - Peso unitario
    - Requisitos de durabilidad
    - Valor máximo de contracción del concreto
    - Relaciones agua/material cementante
  - Diseños de mezclas
    - Consideraciones para el uso de cada diseño de mezcla
    - Consideraciones especiales para ajustes del diseño de mezcla
  - Ensayos que se deben realizar al concreto
    - En estado fresco (asentamiento, temperatura, peso unitario)
    - En estado endurecido (resistencia a la flexión, resistencia a la compresión,

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

durabilidad, variaciones dimensionales, contracción durante el fraguado, contracción por secado de la mezcla endurecida)
  - Rangos de temperatura aceptables y consideraciones en caso de temperaturas por fuera del rango

- Transporte del concreto
  - Tipos de transportes y consideraciones para la selección
  - Características de cada sistema de transporte
  - Limitaciones

- Descarga del concreto
  - Distancia máxima de caída libre del concreto
  - Consideraciones en caso de distancias mayores

- Colocación
  - Consideraciones para la colocación del concreto
  - Secuencia recomendada de colocación
  - Consideraciones para la selección del equipo de colocación
    - Asentamientos asociados a cada diseño de mezcla de acuerdo con el sistema de colocación

- Acabado superficial
  - Procedimientos establecidos para el acabado superficial
    - Chequeo superficial (condiciones para el chequeo, equipos a utilizar, tolerancias)
    - Flotado superficial (sentido y secuencia de flotado, momento de flotado)
    - Microtextura (material a utilizar, sentido de paso del equipo, momento del paso del equipo)
    - Rebordeo de juntas longitudinales (consideraciones para el rebordeo)
    - Macrotextura
      - Tipo de cepillado a utilizar (material de las cerdas, ancho de la cerda, profundidad de cepillado)
      - Momento del cepillado

- Protección y curado del concreto
  - Sistemas de protección
    - Cubiertas
    - Barreras
    - Sistemas de curado (riegos de agua, membranas de curado, materiales absorbentes, plásticos, retardantes de evaporación)
  - Tiempos y características de protección
    - Previa (cubiertas, barreras, cambios en diseños de mezclas)
    - Durante (retardantes de evaporación)
    - Después (curado de zonas en el retiro de formaletas)

- Tipos de juntas
  - Ubicación y detalle de las juntas de contracción
  - Ubicación y detalle de las juntas de expansión
  - Detalle de las juntas de construcción y situaciones en que se deben utilizar

- Modulación de las losas
  - Criterios utilizados para la modulación
    - Longitud máxima
    - Radio relativo de rigidez
    - Factor de esbeltez
    - Indicación de losas regulares e irregulares
    - Condiciones para el refuerzo de losas
    - Situaciones especiales
  - Planos con ubicación, detalles de la distribución y tipos de juntas

- Corte de juntas
  - Diseño de la sección de la cavidad
    - Ancho de cortes
    - Profundidades de corte
  - Plano con la secuencia de corte de juntas

- Sello de juntas
  - Materiales por utilizar
  - Factores de forma

- Apertura al tránsito
  - Criterios de apertura
  - Tipo de tránsito considerado para la apertura
  - Consideraciones
    - Tiempo
    - Resistencia del concreto
    - Elementos asociados a la estructura del pavimento

500.4.2 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el artículo 105, Desarrollo de los trabajos, en lo referente a la explotación y el procesamiento de materiales.

500.4.3 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

La dosificación del concreto determina las proporciones en que se deben combinar los diferentes materiales componentes como son: agregados, material cementante, adiciones suplementarias, agua, aditivos y eventualmente adiciones complementarias, de tal modo que se obtenga un concreto que cumpla con la resistencia, el asentamiento, la manejabilidad, la durabilidad y demás exigencias requeridas por las especificaciones particulares del proyecto y las presentes especificaciones.

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el constructor debe suministrar al interventor, para su verificación, muestras representativas de los agregados, material cementante, adiciones suplementarias y complementarias, agua y aditivos, 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 debe diseñar la mezcla mediante un método validado por alguna institución técnica nacional o internacional, y definir una fórmula de trabajo, la cual debe someter a consideración del interventor.

Dicha fórmula debe señalar:

- El tipo de material cementante.
- 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 agregados, material cementante, adiciones, agua y aditivos, se deben hacer en peso por volumen unitario de concreto (usualmente un metro cúbico (1 m^3) de concreto, o fracción de este). La cantidad de agua y los aditivos líquidos se puede dar por peso o por volumen. Para todo efecto se deben seguir los lineamientos de la NTC 3318.
- Módulo de finura del agregado fino.
- El contenido de aire (si se ha especificado).

- La resistencia a compresión de la mezcla a veintiocho días (28 d) de curado, y las edades adicionales que se especifiquen en el concreto a usar. Se mide según la norma INV E-410/NTC 673.
- Módulo de rotura de la mezcla a veintiocho días (28 d) de curado, y las edades adicionales que se especifiquen para el concreto a usar. Se mide según la norma INV E-414/NTC 2871.
- La consistencia se debe medir mediante el asentamiento INV E-404 o NTC 396. Cuando se requiera, se puede medir según el ensayo de flujo libre, norma NTC 5222 (aplicable para mezclas de más de 230 mm). Se pueden utilizar medios electrónicos para medir la consistencia del concreto siempre que se realicen correlaciones con los ensayos INV E-404/NTC 396 o NTC 5222, la que sea aplicable, y debe ser aprobado por el interventor. El constructor debe determinar la consistencia de cada concreto, teniendo en cuenta las condiciones específicas del proyecto (sistema de colocación, condiciones ambientales, tipo de estructura, materiales componentes, entre otras) y este debe ser aprobado por el interventor.

La fórmula de trabajo se debe reconsiderar cada vez que varíe alguno de los parámetros anteriormente mencionados de los siguientes factores:

- El tipo o clase del material cementante.
- 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 colocación del concreto.
- La procedencia del agua.
- Las tolerancias granulométricas indicadas en la Tabla 500 — 10.

En caso de variar cualquier otro parámetro, el interventor puede exigir la modificación de la fórmula de trabajo para que esta se ajuste a la variación de los parámetros realizada.

El constructor debe considerar que el concreto sea dosificado y elaborado para asegurar su resistencia promedio suficientemente superior a la especificada en los documentos del proyecto, de manera que se minimice la frecuencia de los resultados de pruebas por debajo del valor especificado. Para esto se deben cumplir los lineamientos de calidad, mezclado y colocación de la NSR. Con este fin, el constructor debe tener en cuenta que la magnitud en que el promedio de resistencia de la mezcla deba exceder la especificada en el diseño depende 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 mezclas de prueba en el laboratorio para el diseño de la mezcla, las muestras para los ensayos de resistencia deben ser elaboradas y curadas de acuerdo con la norma INV E-402/NTC 1377 y ensayadas, según la norma de ensayo INV E-410/NTC 673 e INV E-414/NTC 2871. Se deben elaborar curvas que muestren la variación de la resistencia a veintiocho días (28 d) (o a la edad definida para el concreto usado) en función de la relación agua/material cementante (a/mc) y del contenido de material cementante.

Estas curvas se deben basar en no menos de tres (3) puntos y preferiblemente cinco (5), que representen mezclas de prueba que den lugar a resistencias por encima y por debajo de la requerida. Cada punto debe representar el promedio de, por lo menos, dos (2) cilindros estandarizados de ciento cincuenta milímetros (150 mm) de diámetro por trecientos milímetros (300 mm) de altura o dos (2) vigas estandarizadas de ciento cincuenta milímetros (150 mm) de ancho por ciento cincuenta milímetros (150 mm) de alto y quinientos milímetros (500 mm) de longitud, ensayados a veintiocho días (28 d) (o a la edad definida para el concreto usado).

Los valores de la relación a/mc máxima y del contenido mínimo de material cementante admisibles por resistencia para el concreto a ser empleado en las losas de concreto, son los que permitan obtener una resistencia promedio por encima de la de diseño.

En todos los casos, la relación a/mc y el contenido de material cementante deben cumplir los valores máximo y mínimo, respectivamente, permitidos por las consideraciones de durabilidad correspondientes al concreto a usar definida en los documentos del proyecto. Cuando el diseño se realice por prescripción, este debe cumplir los requerimientos establecidos en el artículo 630. Si se realiza por desempeño, tanto la relación a/mc como el contenido de material cementante no deben ser diferentes a los obtenidos en la mezcla de prueba, la cual debe cumplir los parámetros de diseño por desempeño.

El interventor debe aprobar el diseño de mezcla propuesto. Sin embargo, esto 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 todos los requisitos de las especificaciones y de los documentos del proyecto. La aceptación de las obras para fines de pago depende de su correcta ejecución, de la obtención de la resistencia mínima especificada para el concreto, resistencia que debe ser comprobada con base en los ensayos realizados a las mezclas realmente incorporadas en tales obras, de los requisitos de durabilidad aplicables y demás parámetros definidos en el proyecto.

No se permite ningún cambio al diseño de la mezcla sin autorización del interventor.

En la Tabla 500 — 8 se presentan los requisitos mínimos que deben cumplir las mezclas de concreto para una capa de rodadura de concreto hidráulico.

Tabla 500 — 8. Criterios de diseño para la mezcla de concreto en pavimentos de concreto hidráulico

Característica	Norma de ensayo	Requisito
Módulo de rotura a veintiocho días (28 d), mínimo (MPa):		
- Tránsito NT1	INV E-414/NTC 2871	3,8
- Tránsito NT2		4,0
- Tránsito NT3		4,2
(Nota)		

Característica	Norma de ensayo	Requisito
Asentamiento (mm):		
- Formaleta deslizante		0
- Flota motorizada		75 ± 25
- Regla vibratoria	INV E-404/NTC 396	75 ± 25
- Rodillo vibratorio		75 — 100
- Cimbra de rodillo		100 — 125
- *Fast track*		175 ± 25

Nota: si el proyecto especifica el uso de concretos de fraguado rápido, los documentos deben definir la edad a la cual se debe alcanzar la resistencia de diseño.

Para cada dosificación ensayada, se controla el asentamiento bajo la norma INV E-404/NTC 396, el módulo de rotura bajo la norma INV E-414/NTC 2871 y resistencia a la compresión bajo la norma INV E-410/NTC 673 a las edades establecidas por el diseñador y, cuando se exija, el contenido de aire incluido bajo la norma INV E-406/NTC 1032.

Los ensayos de resistencia se deben llevar a cabo sobre probetas procedentes de cuatro (4) amasadas diferentes de concreto, elaborando series de seis (6) probetas por amasada. De cada serie se ensayan dos (2) probetas a siete días (7 d), dos (2) a veintiocho días (28 d) y dos (2) destinadas como testigos (o las edades definidas para control, resistencia de diseño y verificación de resistencia residual), obteniéndose los valores promedio de cada grupo de resultados. Se considera como fórmula de trabajo la mezcla cuyo valor promedio obtenido a veintiocho días (28 d), o la edad de diseño definida para el concreto usado, supere la resistencia especificada 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 debe tener en cuenta que la magnitud en que el promedio de resistencia a la compresión de la mezcla deba exceder la resistencia especificada de diseño depende 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.

Es obligatoria la realización de ensayos de módulo de elasticidad estáticos a los veintiocho días (28 d), para la mezcla diseñada, según la norma de ensayo INV E-424/NTC 4025. Los documentos del proyecto pueden establecer requisitos mínimos para el módulo de elasticidad del concreto, caso en el cual la mezcla debe ser diseñada para cumplir también con dicho requisito.

El constructor debe remitir al interventor el diseño completo de la mezcla, donde se muestren las proporciones y los resultados del módulo de rotura y resistencia a la compresión del concreto a siete días (7 d), veintiocho días (28 d) y los destinados como testigos (o las edades definidas para control, resistencia de diseño y verificación de resistencia residual), así como el módulo de elasticidad y la densidad del concreto endurecido, determinada según la norma de ensayo NTC 5653 (ASTM C642), igualmente la validación de los requisitos de durabilidad. El diseño debe agregar una copia de todos los resultados de

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

ensayo, incluyendo las fechas de las pruebas, una lista completa de los materiales, donde se indique tipo, fuente y características especificadas, tipo y resultados de las pruebas físicas y químicas sobre agregados, material cementante, adiciones, agua y aditivos. También, debe tener el módulo de finura de la arena y el contenido de aire incluido en la mezcla. La producción industrial de la mezcla no puede comenzar hasta que el interventor apruebe el informe de diseño por escrito.

Los laboratorios en donde se realicen los ensayos necesarios para el desarrollo de la fórmula de trabajo de la mezcla, deben ser empresas legalmente constituidas que cuenten con experiencia y/o trayectoria en ejecución de pruebas y ensayos de control de calidad de materiales, que puedan demostrar apropiadamente la competencia de su personal de laboratorio y cuyos informes de resultados informados contengan la aprobación y autorización para su emisión, mediante la firma del responsable técnico facultado para ello. El laboratorio debe contar con todo el equipamiento principal y auxiliar necesario para el correcto desempeño de sus actividades y asegurar que estos cuenten con la exactitud y la precisión adecuadas para lograr resultados válidos. El laboratorio debe contar con un programa de calibración de sus equipos y se debe asegurar de que los resultados de la medición sean trazables al SI mediante alguna de las siguientes alternativas:

- La calibración de los equipos proporcionados por un laboratorio de metrología acreditado por ONAC.
- La comparación directa o indirecta a patrones nacionales o internacionales que cuenten con unidades del SI.
- Los valores certificados de materiales de referencia (MRC) proporcionados por productores competentes con trazabilidad metrológica establecida al SI.

El constructor es el responsable de garantizar que todos los ensayos necesarios se realicen. Los informes deben ser entregados rutinariamente al interventor, al profesional a cargo del diseño, a los proveedores de material y a la autoridad competente que verifique el cumplimiento de la calidad o que tome acciones correctivas.

Durante el estudio de la fórmula de trabajo, se puede establecer una correlación entre la resistencia a la flexión (INV E-414/NTC 2871) y la resistencia a la compresión (norma INV E-410/NTC 673), con un mínimo de sesenta y cuatro (64) datos, con los materiales del proyecto, la cual debe ser verificada en el tramo de prueba. Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión solo se pueden 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 ($R^2 \geq 0{,}90$).

500.4.4 Almacenamiento de materiales

Los agregados, el material cementante, las adiciones suplementarias, los aditivos y las adiciones complementarias se deben almacenar, de tal forma que se prevenga su deterioro o contaminación. Cualquier material que se haya deteriorado o contaminado no se debe usar para la elaboración del concreto. Para prevenir esta situación, los materiales se deben almacenar de acuerdo con las siguientes indicaciones.

500.4.4.1 Almacenamiento de los agregados pétreos

Rige lo establecido en el numeral 630.4.3.1 del artículo 630.

500.4.4.2 Almacenamiento del material cementante y adiciones suplementarias

Rige lo establecido en el numeral 630.4.3.2 del artículo 630.

500.4.4.3 Almacenamiento de aditivos y adiciones complementarias

Rige lo establecido en el numeral 630.4.3.3 del artículo 630.

500.4.5 Tramo de prueba

Aceptados por el interventor la fórmula de trabajo y el informe con el diseño de la mezcla, se procede a la realización de un tramo de prueba con el mismo equipo, velocidad de colocación del concreto, procedimientos de protección y curado y espesor de las losas del pavimento que se van a utilizar en la obra.

500.4.5.1 Elementos que se deben probar

El tramo sirve 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 de la capa de rodadura; 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.

El tramo de prueba sirve como patrón de verificación de los diferentes aspectos que se deben tener en cuenta y ser controlados en la construcción de las losas, tales como los siguientes:

- Calidad de la mezcla de concreto
- Sistemas de colocación del concreto
- Secuencia y calidad en la colocación del concreto
- Vibrado del concreto
- Tiempos entre actividades
- Chequeo superficial
- Flotado
- Texturizado
- Procedimientos de protección y curado
- Ventana de corte de juntas
- Corte de juntas
- Sistemas de sellado
- Tiempos de apertura al tránsito
- Procedimientos especiales o particulares de construcción

500.4.5.2 Extensión del tramo de prueba

La construcción del tramo de prueba debe ser mínimo de cien metros (100 m) de longitud en dos (2) carriles. Su obligatoriedad para cada uno de los niveles de tránsito (NT1, NT2 y NT3) debe ser establecida en los documentos del proyecto.

En el caso de que los resultados del primer tramo no sean satisfactorios, este se demuele por cuenta del constructor y se construyen cuantos tramos sean necesarios, introduciendo variaciones en los equipos, métodos

de ejecución o, incluso, en la dosificación, hasta obtener una capa de rodadura con las condiciones exigidas. Logrado esto bajo la supervisión y posterior aprobación del interventor, se puede proceder a la construcción de la capa de rodadura contratada.

500.4.5.3 Calidad de la mezcla

Del trabajo satisfactorio se extraen dos (2) núcleos por zona, en cinco (5) zonas diferentes, para determinar en cada una la densidad del concreto endurecido (ASTM C642) y la resistencia a la compresión simple (INV E-410/ NTC 673), para un total de cinco (5) muestras por ensayo. Estos diez (10) testigos se toman conforme lo indica la norma de ensayo INV E-418/NTC 3658, a los veintiséis días (26 d) 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.

La extracción de los testigos sirve, también, para observar la homogeneidad del concreto colocado, como verificación de los procesos de colocación y vibrado. La eventual presencia de hormigueros hace 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, deben ser rellenados, vibrados y curados por el constructor, a la mayor brevedad posible y sin costo para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), con un concreto de igual o mayor resistencia que el extraído.

500.4.5.3.1 Mezclas de concreto

Las mezclas de concreto por utilizar deben cumplir los requisitos descritos en el numeral 500.4.3 y las especificaciones dadas en el proyecto, y se deben producir de acuerdo con lo establecido en la NTC 3318.

500.4.5.3.2 Resistencia del concreto

La resistencia de la mezcla se evalúa en términos de su resistencia a la flexión, siguiendo los lineamientos de la NTC 2871/INV E-414. De manera excepcional, se puede evaluar la resistencia a la compresión según la NTC 673/INV E-410, siempre y cuando se haya construido una correlación entre la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión para cada diseño de mezcla por utilizar. La correlación debe cumplir lo establecido en el numeral 500.4.5.3.2.1.

500.4.5.3.2.1 Correlaciones entre resistencias a flexión y compresión

La correlación se debe construir con al menos cuatro (4) diseños de mezcla diferentes, con mínimo dieciséis (16) datos por mezcla, con el objeto de cubrir un rango suficientemente amplio de valores de módulo de rotura y resistencia a la compresión. Los materiales con los que se construyan los diseños de mezclas para realizar la correlación deben ser los mismos a usar en la obra, además, el diseño de mezcla escogido debe ser alguno de los empleados en dicha correlación.

Las probetas cilíndricas deben ser elaboradas de acuerdo con la NTC 550/INV E-420 y ensayadas cumpliendo la NTC 673/INV E-410 y sus correspondientes muestras a flexión de vigas

elaboradas bajo la NTC 550/INV E-420 y ensayadas cumpliendo la NTC 2871/INV E-414. Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión solo se pueden 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 la flexión ($R^2 \geq 0{,}90$).

500.4.5.3.2.2 Contracción

En caso de que el proyecto así lo especifique, el diseño de mezcla se debe realizar para cumplir el valor de contracción especificado en el proyecto. Este ensayo se debe realizar aplicando la NTC 5640 (ASTM C157), y debe cumplir lo especificado en el proyecto a la edad definida.

500.4.6 Construcción de la capa de rodadura de concreto

500.4.6.1 Preparación de la superficie existente

La mezcla no se debe extender hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los documentos del proyecto. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la especificación de la unidad de obra correspondiente se deben corregir de acuerdo con lo establecido en ella, hasta contar con la aprobación del interventor.

Cuando la superficie existente presente deficiencias en las cotas en relación con las definidas en los documentos del proyecto, la deficiencia se debe completar con material de pavimento de concreto hidráulico. El volumen de concreto colocado para suplir estas deficiencias e imperfecciones no debe ser objeto de pago, si la capa de apoyo fue construida en desarrollo del mismo contrato.

Inmediatamente antes de colocar el concreto, se humedece la superficie de apoyo de la capa de rodadura para prevenir pérdidas rápidas en la humedad de la mezcla, sin que se alcance la saturación o se produzcan charcos en la superficie.

Se prohíbe circular sobre la superficie preparada, salvo las personas y equipos indispensables para la ejecución de las losas de concreto hidráulico.

Los requisitos indicados en este numeral rigen, también, para el tramo de prueba al cual hace referencia el numeral precedente.

500.4.6.1.1 Requisitos para la superficie base

La superficie base sobre la cual se van a fundir las losas de concreto debe cumplir el artículo 330, Base granular, cuando se trate de bases granulares; el artículo 340, Base estabilizada con emulsión asfáltica, cuando se trate de bases estabilizadas con emulsión asfáltica o el artículo 350, Materiales granulares tratados con cemento como capa estructural, cuando la base es tratada con cemento. Se debe garantizar que se cumplen cada uno de los requisitos allí establecidos.

500.4.6.2 Elaboración de la mezcla

Rige lo establecido en el numeral 630.4.6 del artículo 630.

500.4.6.3 Transporte del concreto al sito de las obras

Rige lo establecido en el numeral 630.4.7 del artículo 630.

500.4.6.4 Sistemas de colocación

Se deben tener en cuenta aspectos como perfil del pavimento, ancho de calzada, ancho de fundida, espesor de la capa de rodadura, condiciones de sitio de colocación y condiciones particulares del proyecto para escoger el sistema de colocación. Se puede hacer por medio de las bandas transportadoras con la incorporación de brazos giratorios, permitiendo una colocación bastante homogénea sobre toda la superficie. También pueden usarse camiones basculantes que depositan la mezcla en una sola pasada a lo ancho del pavimento delante de la pavimentadora.

500.4.6.4.1 Secuencia de colocación

La colocación debe empezar a lo largo del perímetro, en un extremo del área de trabajo, descargando cada amasada contra el concreto anteriormente colocado. No se permite verter el concreto en pilas separadas para luego nivelarlo y trabajarlo simultáneamente, ni tampoco se puede colocar el concreto en pilas grandes y moverlo horizontalmente a largas distancias para su posición final. Esto con el objetivo de evitar la segregación de la mezcla. La velocidad de colocación debe ser suficientemente rápida para que el concreto colocado previamente no haya fraguado cuando se coloque el siguiente amasado delante de esta, evitando así la generación de juntas frías en la estructura.

500.4.6.4.2 Tiempos máximos de colocación, vibrado y acabado

El concreto se debe colocar, vibrar y acabar antes de que transcurran noventa minutos (90 min) desde el momento de su mezclado, o lo que se defina en el tramo de prueba. Sin embargo, el interventor puede 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.

500.4.6.5 Esquema de pavimentación

500.4.6.5.1 Colocación con el sistema de formaleta fijas

Cuando la puesta en obra se realice entre formaletas fijas, el concreto se distribuye uniformemente y, una vez extendido, se compacta por vibración y se enrasa con elementos adecuados, de modo de tener una superficie uniforme, lisa y libre de irregularidades, marcas y porosidades. Para este fin, se deben emplear reglas o rodillos vibratorios y, adicionalmente, vibradores de aguja, teniendo especial cuidado en la consolidación de los bordes de la losa.

En las capas de rodadura de tipo armado, el vaciado del concreto se debe hacer en dos (2) capas, vertiendo la segunda encima de la armadura, lo más rápido posible, antes de que comience el fraguado de la primera. El plazo para la puesta en obra de ambas capas no puede exceder de una hora (1 h), salvo que el interventor considere que se presentan condiciones favorables de humedad y temperatura.

500.4.6.5.1.1 Características de las formaletas

Cuando la obra se ejecute entre formaletas fijas, estas pueden constituir por sí mismas el camino de rodadura de las máquinas de construcción de las losas de concreto hidráulico, o tener un carril para atender esa función. Deben presentar rigidez y fijación a la superficie existente, para evitar deformaciones a la hora de la colocación del concreto.

Las caras interiores de las formaletas deben aparecer siempre limpias, sin restos de concreto u otras sustancias adheridas a ellas. Antes de verter el concreto, dichas caras se deben recubrir con un producto antiadherente, cuya composición y dosificación deben contar con la aprobación del interventor.

Se debe 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, debe ser correcto. No se pueden 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 debe observar una flecha superior a tres milímetros (3 mm) bajo una regla de tres metros (3 m) puesta sobre el riel de las formaletas. Es conveniente revisar los niveles de las formaletas, por medio de mediciones topográficas después de colocadas para garantizar un buen perfil longitudinal del pavimento. Toda desviación en exceso se debe corregir inmediatamente.

Antes de colocar el concreto, debe estar disponible una longitud mínima colocada y alineada de formaletas, garantizando avances significativos de fundida continua durante varias jornadas de trabajo.

Cuando la máquina utilice como formaleta un bordillo o una franja de pavimento rígido construido previamente, dicho elemento debe tener una edad de, por lo menos, tres días (3 d).

500.4.6.5.1.2 Equipos de colocación en formaleta fija

Para una correcta extensión y compactación del concreto se pueden usar reglas vibratorias, rodillos vibratorios, manualmente o por cualquier otro sistema; deben pasar sobre el material cuantas veces sea necesario para garantizar un correcto compactado y borrar cualquier imperfección apreciable. Se permite el uso de más de una unidad vibratoria siempre y cuando estas trabajen de manera sincronizada, y para facilitar la operación de compactación se pueden usar vibradores de inmersión con el objetivo de precompactar el concreto colocado en todo el ancho de la losa, teniendo especial cuidado en los bordes cerca de las formaletas.

500.4.6.5.1.2.1 Reglas vibratorias

Estas se desplazan a lo largo de la sección que se va a pavimentar, apoyándose sobre cada uno de los costados de las formaletas. La velocidad de vibrado debe ser tal que permita una adecuada compactación.

500.4.6.5.1.2.2 Rodillos vibratorios

Está compuesto por uno o más rodillos lisos, los cuales giran en la dirección opuesta a su recorrido. Estos se apoyan a los extremos de

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

la formaleta desde donde se desplazan en sentido del tránsito, permitiendo una extensión, compactación y alisado eficiente del concreto. La velocidad de vibrado debe ser tal que permita una adecuada compactación.

500.4.6.5.1.2.3 Método manual

Se pueden emplear mecanismos manuales para realizar la compactación. Una vez enrasado el concreto, este debe ser apisonado con una regla-pisón, la cual se extiende de manera longitudinal y transversal a lo largo de la losa cubriendo toda su superficie, apoyándose siempre sobre las formaletas. La velocidad de vibrado debe ser tal que permita una adecuada compactación. Al finalizar la compactación, la superficie debe presentar la forma y los niveles indicados en los documentos del proyecto.

500.4.6.5.2 Colocación con el sistema de formaletas deslizantes

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 deben realizar de modo suficientemente uniforme, para no desequilibrar el avance de la pavimentadora. Esta precaución se debe extremar al pavimentar en pendientes.

Se debe cuidar 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 fratases de acabado se debe mantener un cordón continuo de mortero fresco, de la menor altura posible.

Este sistema debe contar con dos tipos de vibradores, internos para lograr una consolidación inicial, y externos, para una consolidación final mejorando el acabado. La velocidad escogida de vibrado depende del tamaño de las partículas, la gradación y el diseño de la mezcla, y debe ser tal que permita la eliminación de vacíos consolidando eficientemente la mezcla.

500.4.6.5.2.1 Sistemas de guía

500.4.6.5.2.1.1 Tendido de línea guía

Se debe establecer por medio de topografía la ubicación y las cotas de las barras de soporte de las líneas guías. Estas barras (peniques) deben estar marcadas con elementos de fácil reconocimiento, y clavadas lo suficientemente dentro de la base para garantizar la estabilidad de la línea guía.

El espaciamiento de los piquetes que sostienen el hilo guía no debe ser mayor de diez metros (10 m), distancia que se reduce 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 tienen la cota teórica y el hilo se debe tensar, de manera que la flecha entre dos piquetes consecutivos sea menor de un milímetro (1 mm). Estos hilos, pueden ser de nylon tejido, cuerda de poliestireno, alambre o cualquier otro material liviano y resistente a la tensión sometida, aprobado por el interventor. Una vez localizados los peniques, se debe proceder a la ubicación de los brazos que soportan las líneas guías. Deben ser metálicos y con la forma adecuada para no interrumpir el tránsito de los sensores de la pavimentadora sobre la línea guía. Deben contar con un

mecanismo que les permita ajustar la altura, la distancia respecto a los peniques, y a su vez, fijar la línea guía para evitar el desplazamiento de esta. Los hilos guías deben ser tensionados (distancias menores a doscientos metros (200 m)) antes de insertarlos sobre los brazos de soporte para garantizar un tensionamiento uniforme, y teniendo en cuenta las precauciones necesarias en caso del rompimiento de una de las líneas guías. Si esto ocurre, esta debe ser reemplazada por una nueva.

Donde se vacíe una franja de capa de rodadura junto a otra existente, se puede usar esta como guía de las máquinas. En este caso, debe haber alcanzado una edad mínima de tres días (3 d) y la superficie se debe 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 debe suspender el vaciado, y reanudarlo solamente cuando la franja vecina haya 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 deben mantener limpios y, cuando correspondan a la capa de soporte de las losas, deben estar suficientemente compactados para permitir el paso de ellas sin deformaciones. En este último caso, no deben presentar irregularidades superiores a quince milímetros (15 mm), medidas con una regla de tres metros (3 m).

Independente del sistema de colocación seleccionado (formaletas fijas o deslizantes), el interventor lo debe verificar y aprobar, junto con los mecanismos de vibración del concreto colocado.

500.4.6.6 Descarga del concreto

Antes de vaciar el concreto, la superficie de apoyo debe estar preparada, de acuerdo con lo descrito en el numeral 500.4.6.1. La máxima caída libre de la mezcla desde el vehículo de transporte en el momento de la descarga es de un metro (1,0 m) para evitar segregación, y se debe procurar que ello ocurra lo más cerca posible del lugar definitivo de colocación, con el fin de reducir al mínimo las posteriores manipulaciones.

Cuando el concreto se coloque contra un pavimento existente, la parte del equipo de colocación que repose sobre este debe 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 este.

Donde la calzada tuviera dos (2) o más carriles en el mismo sentido de circulación, se vacían al menos dos (2) carriles al mismo tiempo, salvo que el interventor refiera otras indicaciones.

Se deben disponer pasarelas móviles, con el fin de facilitar la circulación del personal y evitar daños al concreto fresco. Los tajos de vaciado deben 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 debe mantener siempre un volumen suficiente de mezcla delante de la regla vibratoria y se debe continuar compactando hasta que se haya conseguido la forma prevista y el mortero refluya ligeramente a la superficie.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

En el caso de suspender la colocación del concreto por más de media hora (1/2 h), se debe proteger 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 debe disponer una junta transversal de construcción, de acuerdo con lo que se indica en el numeral 500.4.6.13.

En vías de dos carriles, el concreto se debe colocar por carriles de ancho constante, separados por juntas longitudinales de construcción. En los casos en que se deba colocar un ancho inferior al de un carril, se debe compactar y enrasar mecánicamente, con la ayuda de los métodos manuales mínimos que resulten necesarios.

El constructor debe ajustar los métodos y los equipos de colocación y compactación siempre que se observe segregación o vacíos en el concreto colocado y compactado.

Si el interventor considera que la compactación es deficiente, se requiere la ejecución de ensayos de verificación de densidad. Estos ensayos de verificación consisten en la toma de núcleos del concreto terminado después de, al menos, cuarenta y ocho horas (48 h) de curado. La densidad se debe determinar en la condición saturada y seca superficialmente, según la norma de ensayo ASTM C642. Los ensayos se toman por lo menos uno (1) cada trescientos cincuenta metros cúbicos (350 m^3) de concreto.

La densidad promedio de los núcleos debe ser comparada con la definida en el tramo de prueba y no puede ser menor de noventa y siete por ciento (97 %); así mismo, ningún núcleo debe tener una densidad menor de noventa y seis por ciento (96 %). Si estas condiciones no se cumplen, se considera que la vibración es inadecuada y se debe mejorar, de manera que los requisitos anteriormente establecidos se logren en las posteriores verificaciones.

500.4.6.7 Recubrimiento de refuerzo

En caso de contemplar refuerzo en alguna de las losas, el recubrimiento debe cumplir lo establecido en el diseño de la losa de concreto, pero en ningún caso deben estar por debajo de los mínimos establecidos en la NSR (requisitos de recubrimiento del refuerzo convencional y de tendones de preesfuerzo no adheridos). La tolerancia del recubrimiento debe estar, de igual manera, de acuerdo con la NSR.

500.4.6.8 Acabado superficial de la capa de rodadura construida

Después de extendido y compactado, el concreto debe ser 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 las losas construidas con pavimentadoras de formaletas deslizantes debe ser efectuado por la misma máquina pavimentadora, la cual debe disponer de los elementos necesarios para ello.

Terminadas las operaciones de acabado recién descritas y mientras el concreto aún esté fresco, se deben redondear 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 redondean del mismo modo, pero con una llana de seis milímetros (6 mm) de radio.

500.4.6.8.1 Chequeo superficial

500.4.6.8.1.1 Sistemas de chequeo temprano superficial

Una vez terminada esta operación y mientras el concreto se encuentre en estado plástico, se comprueba el acabado superficial por medio manual, con una regla de tres metros (3 m) colocada paralela o perpendicularmente al eje de la calzada en cualquier sector de ella que no esté afectado por cambios de pendiente, o por medio de mecanismos de control láser, verificando que las irregularidades no excedan de cinco milímetros (5 mm). En el caso de que se presenten diferencias mayores, ellas se deben eliminar, ya sea agregando concreto fresco que se vibra y termina del mismo modo que el resto de la capa de rodadura, o bien eliminando los excesos con los bordes de la llana. Se prohíbe el riego de agua o la extensión de mortero sobre la superficie, para facilitar el acabado y corregir irregularidades de la capa de rodadura.

500.4.6.8.1.2 Flotado superficial

El acabado de las losas construidas entre formaletas fijas se puede realizar por medio de herramientas manuales, como un flotador o un enrasador. También, se pueden utilizar equipos de terminado que se deslicen sobre las formaletas fijas. La disposición y el movimiento del elemento enrasador deben ser los adecuados para eliminar las irregularidades superficiales y obtener el perfil, sin superar las tolerancias establecidas.

500.4.6.8.1.3 Microtexturizado superficial

La microtextura se realiza mediante el uso de la tela especificada en la Tabla 500 — 7.

La tela de yute debe estar humedecida y se debe pasar después de que el concreto se haya flotado y/o allanado, y que haya exudado. Si después de haber pasado la tela, el concreto exuda nuevamente, esta se debe pasar nuevamente y aplicarse a lo largo del tramo (longitudinalmente).

La aplicación del retardador de fraguado se debe hacer antes de transcurridos quince minutos (15 min) desde la puesta en obra, extendiendo a continuación una membrana impermeable, que se mantiene hasta la eliminación del mortero. Esta operación se realiza antes de transcurridas veinticuatro horas (24 h), salvo que un fraguado insuficiente del concreto requiera alargar este periodo.

Se debe contar con soportes que permiten subir o bajar la tela cuando se requiera, y ganchos para un mejor agarre. Se debe tener especial cuidado en que la tela no esté ni muy húmeda que pueda generar burbujas, ni muy seca que haya el riesgo de levantar el concreto. Se debe procurar que el tejido sea continuo, para evitar la adición de retazos ya que esto marca de manera notoria el concreto.

Se puede hacer uso de otros materiales en reemplazo de la tela de yute, como cuero o pasto sintético, pero deben ser aprobados por el interventor.

500.4.6.8.1.4 Macrotexturizado superficial

Una vez culminadas las operaciones de acabado superficial y antes de que comience a

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

fraguar el concreto, se le debe dar a la capa de rodadura una textura transversal y longitudinal homogénea, según se establezca en el diseño, en forma de estriado, mediante la aplicación manual o mecánica del peine de dientes metálicos citado en la Tabla 500 — 7, en forma sensiblemente perpendicular y longitudinal, según corresponda, al eje de la calzada, y de tal forma que las estrías tengan la profundidad adecuada. Este sistema permite la rápida evacuación del agua de la superficie, reduciendo la ocurrencia de hidroplaneo. Debe contar con una profundidad de entre tres milímetros (3 mm) y seis milímetros (6 mm), teniendo especial cuidado de que el agregado no se perturbe en exceso.

Su aplicación debe ser en el tiempo que el constructor crea conveniente, evitando una aplicación tardía ya que se tendría que ejercer una mayor presión o profundidad generando una superficie irregular.

500.4.6.9 Protección y curado del concreto

Durante el tiempo de fraguado, el concreto debe ser protegido contra el lavado por lluvia, contra la insolación directa, el viento y la humedad ambiente baja. El constructor tiene 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 quinientos gramos por metro cuadrado por hora (500 g/m^2/h), debe tomar precauciones adicionales para limitar las pérdidas de humedad o, de lo contrario, suspender las operaciones de pavimentación mientras la rata de evaporación exceda el valor citado.

En épocas lluviosas, el interventor puede exigir al constructor colocar 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, puede autorizar la colocación de materiales impermeables sobre el concreto fresco, hasta que adquiera la resistencia suficiente de modo que el acabado superficial no se afecte por la lluvia. Si el constructor no atiende esta sugerencia y las losas sufren deslavado por tal efecto, debe someter la superficie a ranurado transversal mecánico, a sus expensas, y hasta contar con la aprobación del interventor.

Durante un periodo que, en general no debe ser inferior a tres días (3 d) a partir de la colocación del concreto, está prohibido cualquier tipo de tránsito sobre él, excepto el necesario para el aserrado de las juntas cuando se empleen sierras mecánicas. Este periodo puede ser reducido por el interventor, cuando en la construcción de la capa de rodadura se aplique la técnica conocida como *fast track*.

La selección del tipo de curado, así como el momento adecuado para su aplicación, dependen 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 estos sistemas como en los equipos, en caso de que los resultados dejen de ser satisfactorios en algún momento.

En el caso de los concretos tipo *fast track*, normalmente se requiere un sistema de curado

doble: primero la aplicación de productos químicos que forman una película curadora y, sobre esta, la instalación de membranas de polietileno o de papel.

El curado se debe hacer inmediatamente después del acabado final, cuando el concreto empiece a perder su brillo superficial.

El curado del concreto se debe realizar en todas las superficies libres, incluyendo los bordes de las losas, por un periodo no inferior a siete días (7 d) y, de ser posible, se debe prolongar hasta diez días (10 d). Sin embargo, el interventor puede modificar dicho plazo, a la vista de los resultados obtenidos sobre muestras del concreto empleado en la construcción de la capa de rodadura.

500.4.6.9.1 Sistemas de protección y curado

500.4.6.9.1.1 Materiales de protección y curado de concreto

500.4.6.9.1.1.1 Humedad

Cuando se opte por este sistema de curado, el cual no es aceptable en proyectos de nivel de tránsito tres (NT3), la superficie del pavimento se debe cubrir con telas de fique o algodón, arena u otros productos de alto poder de retención de humedad aprobados por el interventor, una vez que el concreto haya alcanzado la suficiente resistencia para que el acabado superficial de la capa de rodadura no se vea perjudicado por la colocación de estos elementos.

Dichos materiales no pueden 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 debe mantener húmeda, aplicando agua en forma de rocío fino y nunca en forma de chorro. Los materiales utilizados en el curado deben permanecer saturados todo el tiempo que dure este.

500.4.6.9.1.2 Cubrimiento con compuestos curadores que forman membrana

Cuando el curado se realice con productos de este tipo, estos se deben 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 debe aplicar antes de que se cumpla dicho plazo.

El producto de curado que se emplee debe cumplir la norma ASTM C309 y la dosificación de estos productos se debe hacer siguiendo las instrucciones consignadas en su respectiva ficha técnica suministrada por el fabricante. Su aplicación se debe llevar 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 puede ser inferior a doscientos cincuenta gramos por metro cuadrado (250 g/m^2). El equipo aspersor debe estar en capacidad de mantener el producto en suspensión y contar con un dispositivo que permita controlar la cantidad aplicada de la membrana.

También se pueden usar selladores o sellantes regidos por la norma ASTM C1315, que al entrar en contacto con el concreto forman una

película que endurece y sella, y poseen propiedades especiales como resistencia a los álcalis y a los ácidos, cualidades adhesivas y resistencia a la degradación por la luz ultravioleta. Estos compuestos ayudan al curado, protegen la estructura de daños causados por la penetración de líquidos perjudiciales para el concreto, brindan mayor durabilidad y minimizan la generación de polvo. Algunos mejoran la apariencia del concreto.

Cuando las juntas se realicen por aserrado, se aplica el producto de curado sobre sus paredes. También, se aplica sobre áreas en las que, por cualquier circunstancia, la película se haya estropeado durante el periodo de curado.

Cuando el concreto se haya colocado entre formaletas fijas, al retiro de estas se deben proteger los lados expuestos de las losas, con un tratamiento igual al aplicado sobre la superficie.

No se permite la utilización de productos que formen películas cuyo color sea negro.

500.4.6.9.1.1.3 Cubrimiento con membranas

Si se adopta este método de curado, las membranas se deben colocar cuando la superficie de concreto tenga la suficiente resistencia para que la capa de rodadura no se vea afectada en su acabado. Durante el intervalo transcurrido mientras esto sucede, se debe aplicar agua en forma de rocío para mantener la superficie húmeda.

Se pueden emplear materiales como mantas de algodón, yute, alfombras o espuma, los cuales se deben mantener mojados durante todo el periodo de curado, ya que, si se dejan secar el proceso se invierte. Antes de ser retirados se deben dejar secar para que el concreto se vaya secando paulatinamente, para evitar posibles golpes de calor.

Se debe asegurar la permanencia de las membranas durante todo el periodo previsto de curado, traslapando las fajas al menos doscientos milímetros (200 mm) y asegurando con pesos los bordes y los traslapos, con el fin de impedir el levantamiento de las membranas por acción del viento.

No se permite la utilización de membranas de color negro.

500.4.6.9.1.1.4 Retardantes de evaporación

Estos materiales forman una película delgada que retardan la rápida pérdida de humedad de la superficie del concreto. Es recomendable en zonas con temperaturas elevadas, baja humedad relativa y fuertes vientos. Su utilización debe ser aprobada por el interventor.

Cualquier sistema de curado escogido debe ser aprobado por el interventor y hacerse por lo menos durante los primeros siete días (7 d).

500.4.6.9.1.1.5 Barreras contra viento y sol

Se recomienda el uso de barreras contra viento y sol para lograr un correcto curado cuando la tasa de evaporación es elevada.

500.4.6.10 Remoción de formaletas

Cuando la capa de rodadura se construya entre formaletas fijas, el desformaleteado se debe efectuar luego de transcurridas dieciséis

horas (16 h) a partir de la colocación del concreto. En cualquier caso, el interventor puede aumentar o reducir el tiempo, en función del correspondiente al fraguado y la resistencia alcanzada por el concreto.

500.4.6.11 Modulación y corte de juntas de las losas de concreto

Antes de proceder al aserrado, se deben trazar sobre la capa de rodadura, 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 deben ser continuos.

El diseñador debe definir la secuencia de corte y prever las juntas de construcción. El constructor debe proponerlo de acuerdo con la longitud del pavimento, planeado desde el diseño de los tramos a vaciar, y con base en esto, proponer la secuencia de modulación. El diseño debe contemplar los tipos de cavidades de corte con su ancho y longitud, y deben ser tales que no generen la aparición de fisuras por tiempos tardíos o que se presenten pérdidas de agregados en la junta o daños en los bordes de la losa o de la junta. Sin embargo, una vez comenzado el corte, este se debe continuar hasta finalizar todas las juntas. El inicio de los trabajos de corte se debe definir mediante estudios previos, en los cuales se establezca el momento óptimo de corte, de acuerdo con las condiciones ambientales.

Si a causa de un aserrado prematuro se astillan los bordes de las juntas, estos se deben reparar con un mortero de una resina polimérica apropiada o un mortero cementicio de alta especificación para el restablecimiento de los bordes de las juntas, de las características indicadas en el numeral 630.2.5 del artículo 630.

500.4.6.12 Juntas transversales y longitudinales de contracción

Es importante realizar los cortes cuando el concreto haya alcanzado la resistencia suficiente, ni mucho tiempo antes que provoque la generación de desportillamientos de las losas, ni muy tarde, de manera que deje que en el concreto se empiecen a formar patrones de agrietamiento. Primero se deben realizar los cortes transversales y luego los longitudinales, para evitar que la separación entre juntas transversales sea mayor entre la menor medida de cinco metros (5 m) o veinticuatro (24) veces el espesor. Estas deben ser continuas, y al igual que en las juntas longitudinales, se debe realizar un corte inicial con un ancho de tres milímetros (3 mm) y a una profundidad de al menos un tercio (1/3) del espesor de la losa de concreto, con el fin de inducir la falla controlada. Si el concreto está fibrorreforzado, la profundidad de corte puede llegar hasta antes de encontrarse con la dovela de transferencia.

Para la formación de juntas, se deben utilizar cortadoras con discos diamantados, operadas por mano de obra calificada para dicho trabajo.

500.4.6.13 Juntas transversales de construcción

Estas juntas son las empleadas cuando ocurren interrupciones ya previstas, como el final de un día de pavimentación, unión con puentes o accesos, o en ocasiones que se presenten imprevistos que requieran la suspensión del

trabajo por un tiempo considerable. Estas se construyen en las ubicaciones normales de las juntas, por lo tanto, deben contemplar las barras pasajuntas. Cuando es necesaria la construcción de juntas transversales de construcción en los dos primeros tercios de la separación normal diseñada para las juntas, se deben insertar barras de amarre, para evitar la posible generación de grietas a la losa adyacente. Para esto, se debe hacer uso de una formaleta cabecera, la cual tiene la función de confinar la estructura hasta dar continuidad a la obra, y deben tener una serie de orificios por los cuales se colocan las barras pasajuntas.

500.4.6.14 Juntas de aislamiento y de expansión

Estas juntas se ejecutan cuando se requiere un aislamiento total en cuanto a movimiento vertical y horizontal entre la capa de rodadura y otras estructuras, con el objetivo de evitar daños en el pavimento o la estructura adyacente.

500.4.6.14.1 Juntas de aislamiento

Estas juntas disminuyen los esfuerzos a compresión que se presentan en el pavimento y una estructura, o entre dos secciones del pavimento. Estas juntas se emplean también cuando existen estructuras como pozos o alcantarillas. La profundidad es completa, hasta la capa base del pavimento, y a todo lo largo del contacto entre estructuras. Estas juntas no deben tener ni barras de amarre ni barras pasajuntas, ya que no se requiere una transferencia de carga, y se debe permitir el movimiento horizontal y vertical entre estructuras. Se recomienda un ancho de juntas de entre doce coma cinco y veinticinco milímetros (12,5 mm – 25 mm) (½ pulgada – 1 pulgada), ya que con anchos mayores se pueden presentar desplazamientos excesivos.

500.4.6.14.2 Juntas de expansión

Bajo condiciones normales no son necesarias las juntas de expansión. Sin embargo, estas se recomiendan cuando la temperatura ambiente es menor a los cuatro grados Celsius (4 °C) o cuando los materiales usados para la fabricación de las losas han presentado características expansivas. La decisión de su implementación depende de la experiencia del constructor, junto con la aprobación del interventor.

500.4.6.15 Sellado de las juntas

Los materiales por utilizar deben cumplir lo descrito en el numeral 500.2.5 del presente artículo. Inmediatamente después del corte final, los excesos de cemento, lechadas, material de curado o cualquier otro elemento, deben ser completamente removidos de la junta mediante chorro de agua a presión de diez megapascales (10 MPa). Cuando finalice la limpieza de la junta, esta se debe soplar con un compresor de aire.

Si los documentos del proyecto exigen una limpieza adicional con chorro de arena, esta se debe realizar 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 se trata con dos pasadas de chorro de arena o hidroarenado como mecanismo de preparación de la superficie. Por ejemplo, una pasada en cada una de las caras de la junta. Luego, se debe utilizar aire

comprimido para remover de la junta todos los residuos de polvo. Los compresores de aire deben estar equipados con unas trampas adecuadas, capaces de remover toda el agua y toda la grasa presente en el aire comprimido.

Las ranuras aserradas y limpias se deben inspeccionar, para asegurar que el corte se haya efectuado hasta la profundidad especificada y se haya removido toda materia extraña.

Hasta el momento del sellado de las juntas, estas se deben 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 deben apoyar en la parte superior de la losa.

No se permite ningún almacenamiento de material sobre las losas recién construidas.

El sistema de sellado de juntas debe garantizar la hermeticidad del espacio sellado, la adherencia del sello a las caras de la junta, la resistencia a la fatiga por tracción y la 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.

500.4.6.15.1 Instante de aplicación del sello

Las juntas pueden ser selladas cuando el concreto tenga una edad menor a veintiocho días (28 d) o se encuentre húmedo, pero superficialmente seco, siempre que el sellante cumpla los requisitos para sellos de poliuretano para concreto húmedo o con menos de veintiocho días (28 d) de curado indicados para sellos elastoméricos de poliuretano. Cuando el concreto tenga una edad mayor a veintiocho días (28 d) y se encuentre seco, el sello debe cumplir todas las propiedades de acuerdo con su naturaleza química, tal como indica el numeral 500.2.5.1. Para el caso de sellos elastoméricos de poliuretano debe cumplir los requisitos para sellos de poliuretanos estándar. En el momento de la aplicación del componente de sello, la temperatura ambiente debe 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 debe 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 deben utilizar imprimantes que creen una barrera de vapor y garanticen una total adherencia del material sellante a los bordes de la junta.

500.4.6.15.2 Instalación del sello

Antes de sellar las juntas, el constructor debe demostrar que el equipo y los procedimientos para preparar, mezclar y colocar el sello producen un sello de junta satisfactorio, de acuerdo con el tramo de prueba. El interventor debe verificar que los procedimientos de instalación propuestos estén de acuerdo con las indicaciones consignadas en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante.
Antes de iniciar esta tarea en forma masiva, se deben ejecutar dos pruebas de instalación en juntas, de cincuenta metros (50 m) cada

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

una, las cuales deben ser aprobadas por el interventor.

Para conservar un buen nivel de productividad y calidad, se deben mantener durante el periodo total de la obra, las personas y los equipos de trabajo usados para estas pruebas. Los cambios de personal, materiales o equipos deben ser notificados al interventor e implican la realización de nuevos tramos de prueba.

Las juntas deben 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 debe tener la aprobación del interventor, antes de que sea aplicado.

Previamente al vaciado del material de sello, se debe 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 debe cumplir los requisitos citados en el numeral 500.2.5.2, no puede ser estirada ni torcida durante la operación de colocación. Durante la jornada de trabajo, se debe limitar la colocación de la tirilla de respaldo a las juntas que puedan ser selladas en el día.

Se debe enrasar el sello pasando una herramienta en ambas direcciones, para asegurar una aplicación libre de aire. La superficie del sello debe quedar tres milímetros (3 mm) por debajo de los bordes de la junta.

El sello que no adhiera a la superficie de la pared de la junta, que contenga huecos o falle en su tiempo de curado, se debe rechazar y debe ser reemplazado por el constructor, sin costo adicional alguno para INVÍAS.

500.4.6.16 Apertura al tránsito

El paso de personas y de equipos para el aserrado y para la comprobación de la regularidad superficial, se puede autorizar cuando haya transcurrido el plazo necesario para que no se produzcan desperfectos superficiales, y se haya secado el producto químico de curado, si se emplea este método.

Al abrir el pavimento al tránsito público, todas las juntas deben estar selladas o protegidas contra daño y contra la intrusión de materiales extraños.

500.4.6.16.1 Requisitos para la apertura al tránsito

500.4.6.16.1.1 Resistencia

El tránsito de obra no puede circular sobre el pavimento, mientras este no haya alcanzado un módulo de rotura de por lo menos el ochenta y cinco por ciento (85 %) de la exigida, a veintiocho días (28 d).

500.4.6.16.1.2 Tiempo

La apertura al tránsito automotor no se debe autorizar antes de cumplir el cien por ciento (100 %) de la resistencia especificada, además se debe haber cumplido con la culminación de la totalidad de la obra, con todos los elementos especificados en los documentos del proyecto.

500.4.6.17 Proceso constructivo para casos especiales

El constructor debe seguir las indicaciones de los documentos del proyecto para adelantar la construcción de las losas de concreto en todos los casos especiales, como 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.

500.4.6.18 Requerimientos de temperatura

Los trabajos de construcción de la capa de rodadura de concreto hidráulico se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede 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 sea aprobado por este.

El vaciado del concreto se interrumpe cuando llueva con una intensidad tal, que pudiera, a criterio del interventor y por instrucción de este, producir deformaciones en los bordes de las losas o la pérdida de textura superficial del concreto fresco.

En zonas calurosas, se deben extremar las precauciones, con el fin de evitar fisuraciones o desecación superficial. Donde la temperatura ambiente exceda de treinta grados Celsius (30 °C), se debe contemplar el empleo de aditivos retardadores de fraguado aprobados por el interventor.

La temperatura de la masa de concreto, durante la operación de vaciado, no puede ser inferior a diez grados Celsius (10 °C) y no más allá de treinta y cinco grados Celsius (35 °C); se prohíbe 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 suspende cuando la temperatura ambiente baje de cinco grados Celsius (5 °C), o en caso de lluvia o viento fuerte, salvo aprobación del interventor.

500.4.7 Conservación

Todo concreto defectuoso o deteriorado que no cumpla las características establecidas en el diseño, debe ser intervenido por el constructor para llevarlo a las condiciones de diseño, sin costo adicional para INVÍAS. En todo caso, los procedimientos deben ser aprobados por el interventor, cualquiera sea el tipo de intervención. Se deben dejar registrados en los documentos del proyecto las reparaciones realizadas y el método de reparación.

El pavimento de concreto hidráulico se debe mantener en perfectas condiciones por el constructor cumpliendo los requerimientos mínimos establecidos en el presente artículo, hasta el recibo definitivo de los trabajos, sin que ello implique costo adicional alguno para INVÍAS.

500.4.8 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados 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 particular o la legislación ambiental vigente.

Todas las labores requeridas para la construcción de la capa de rodadura de concreto hidráulico se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales. En caso de contradicciones con lo indicado en el presente numeral deben prevalecer, en su orden, la legislación ambiental y lo indicado en los documentos del proyecto.

Sea que los agregados los explote el constructor o le sean suministrados por terceros, el interventor debe verificar que se encuentren vigentes todas las licencias para su explotación.

Así mismo, se controla que todos los procesos de preparación de agregados, elaboración, transporte y colocación de la mezcla y el acabado de la capa de rodadura se realicen con un cabal cumplimiento de las normas y disposiciones ambientales vigentes.

Al término de los trabajos de construcción de la capa de rodadura de concreto hidráulico, el constructor debe limpiar la superficie y retirar todo material sobrante o desperdicio y transportarlo y depositarlo apropiadamente en un lugar autorizado por las autoridades ambientales de la jurisdicción respectiva.

Siempre que se deban demoler y reponer losas, los productos de la demolición son de propiedad del constructor, quien debe disponer de ellos de manera que no causen afectaciones ambientales ni se genere obligación de ninguna índole a INVÍAS.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

500.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar 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.
- Cuando sea posible, establecer una correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión para el concreto con el cual se construye la capa de rodadura.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y de la mezcla de concreto, durante el periodo de ejecución de las obras.
- Verificar permanentemente el asentamiento, así 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 de la capa de rodadura, su densidad y su resistencia a la compresión y vigas de concreto aserradas para determinar su resistencia a la flexión, cuando corresponda.
- Realizar medidas para levantar perfiles, medir la textura superficial y comprobar la regularidad de la superficie del pavimento terminado.
- Generar una propuesta para el tramo de prueba y una extensión del proyecto para el uso de tomógrafo y FWD (para medir la transferencia de carga y deflexión) para vías NT3.

Los laboratorios en donde se realizan los ensayos necesarios para el control de la calidad de los materiales del concreto y el control de la calidad del concreto, deben ser empresas legalmente constituidas que cuenten con experiencia y/o trayectoria en ejecución de pruebas y ensayos de control de calidad de materiales, que puedan demostrar apropiadamente la competencia de su personal de laboratorio y cuyos informes de resultados informados contengan la aprobación y la autorización para su emisión, mediante la firma del responsable técnico facultado para ello. El laboratorio debe contar con todo el equipamiento principal y auxiliar necesario para el correcto desempeño de sus actividades y asegurar que estos cuenten con la exactitud y la precisión adecuadas para lograr resultados válidos. El laboratorio debe contar con un programa de calibración de sus equipos y se debe asegurar de que los resultados de la medición sean trazables al SI, mediante alguna de las siguientes alternativas:

- La calibración de los equipos proporcionados por un laboratorio de metrología acreditado por ONAC.
- La comparación directa o indirecta a patrones nacionales o internacionales que cuenten con unidades del SI.
- Los valores certificados de materiales de referencia (MRC) proporcionados por productores competentes con trazabilidad metrológica establecida al SI.

El constructor es el responsable de garantizar que todos los ensayos necesarios se realicen. Los informes de ensayos deben ser entregados rutinariamente al interventor, al profesional a cargo del diseño, a los proveedores de material y a la autoridad competente que verifique el cumplimiento de la calidad o que tome acciones correctivas.

Los orificios que dejen los núcleos para determinar el espesor de la capa de rodadura y otros controles a que haya lugar, deben ser rellenados por el constructor, sin costo alguno para INVÍAS, con una mezcla de iguales o mejores características que la empleada en la construcción de la capa de rodadura, la cual debe ser correctamente compactada, enrasada y curada.

500.5.1 Control de materiales

Rige lo establecido en el numeral 630.5.1 del artículo 630.

500.5.1.1 Calidad del cemento hidráulico

Rige lo establecido en el numeral 630.5.1.1 del artículo 630.

500.5.1.2 Calidad de las adiciones suplementarias

Rige lo establecido en el numeral 630.5.1.2 del artículo 630.

500.5.1.3 Calidad de los aditivos, de las adiciones complementarias y de los productos químicos de curado

El constructor debe 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.

500.5.1.4 Calidad del agua

Rige lo establecido en el numeral 630.5.1.3 del artículo 630.

500.5.1.5 Calidad de los agregados

De cada fuente de agregados por utilizar en la producción de concreto y para cualquier volumen previsto, se toman cuatro (4) muestras y se ejecutan los ensayos que permitan verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en el numeral 500.2.1.3. Los resultados de todas las pruebas deben satisfacer las exigencias citadas en dicho numeral. Los agregados que no las cumplan, no pueden ser utilizados en la elaboración de la mezcla de concreto.

Durante la etapa de producción, el interventor debe examinar los acopios y ordenar el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de elementos vegetales, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, ordenar acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto (tal como distinta coloración), segregación; partículas alargadas o aplanadas o plasticidad, y vigilar 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 suministre, se verifica la calidad de los agregados mediante la realización de los ensayos que se relacionan en la Tabla 500 — 9, con la frecuencia indicada en ella.

Los resultados de los ensayos deben satisfacer todos los requisitos establecidos en el presente artículo y lo definido en la fórmula de trabajo. En caso contrario, la mezcla elaborada con los agregados defectuosos es rechazada y las losas vaciadas con el concreto cuestionado deben ser demolidas y construidas nuevamente, a expensas del constructor, y hasta contar con la aprobación del interventor.

La curva granulométrica de cada ensayo individual se debe ajustar a la franja de tolerancia. Esta franja se construye a partir de la granulometría de diseño de la mezcla (fórmula de trabajo), con los límites fijados en la Tabla 500 — 10.

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 deben preparar en laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa, la cual se debe someter a todas las pruebas de valoración descritas en el presente artículo. En el caso de que no cumpla todos los requerimientos, el constructor debe demoler y retirar, a sus expensas, las losas cuestionadas y las debe reponer, sin costo alguno para INVÍAS.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

Tabla 500 — 9. Ensayos de verificación sobre los agregados para capas de rodadura de concreto hidráulico

Característica	Norma de ensayo	Frecuencia
Composición (F)		
Granulometría	INV E-213	1 por jornada
Módulo de finura	INV E-213	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de Los Ángeles	INV E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	INV E-238	1 por mes
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos - Seco y húmedo	INV E-224	1 por mes
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos (o magnesio)	INV E-220	1 por mes
Reactividad de los agregados	Ver numeral 630.5.1.4 del artículo 630	Tabla 630 — 17
Limpieza (F)		
Impurezas en agregado grueso	INV E-237	1 por semana
Terrones de arcilla y partículas deleznables	INV E-211	1 por semana
Partículas livianas	INV E-221	1 al inicio del proyecto, 1 cada cambio de fuente y 1 cada 2,5 meses
Material que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200)	INV E-214	1 por semana
Geometría de las partículas (F)		
Partículas fracturadas mecánicamente	INV E-227	1 por jornada
Índice de alargamiento y aplanamiento	INV E-230	1 por semana

Nota: se entiende como jornada, un día (1 d) de producción de agregados.

La reactividad potencial de un agregado, se debe evaluar a partir de los resultados obtenidos de acuerdo con lo indicado en el numeral 630.2.6.1 del artículo 630.

El interventor puede modificar la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 500 — 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.

Las tolerancias granulométricas aplicables a la fórmula de trabajo se encuentran indicadas en la Tabla 500 — 10.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

Tabla 500 — 10. Tolerancias granulométricas respecto de la fórmula de trabajo

	Tamiz (mm / U.S. Standard)							
	9,5	4,75	2,36	1,18	0,600	0,300	0,150	0,075
Tolerancia	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 8	Nro. 16	Nro. 30	Nro. 50	Nro. 100	Nro. 200
	Puntos de porcentaje (%) sobre la masa seca de los agregados							
	± 4		± 3					± 1

500.5.1.6 Calidad del acero

Rige lo establecido en el numeral 630.5.1.5 del artículo 630.

500.5.1.7 Calidad de materiales de sellado de juntas

El constructor debe 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 debe garantizar el sello contra defectos de los materiales y de instalación, por un periodo mínimo de cinco (5) años.

500.5.2 Control del concreto

De cada elemento de transporte a la obra, se controla el aspecto del concreto y su temperatura. Cualquier concreto segregado, cuya envuelta no sea homogénea debe ser rechazado por el interventor, sin tener que recurrir a prueba alguna de laboratorio o de campo para tomar tal determinación.

500.5.2.1 Control de requisitos de durabilidad

Rige lo establecido en el numeral 630.5.2.1 del artículo 630.

500.5.2.2 Control de la dosificación

Rige lo establecido en el numeral 630.5.2.3 del artículo 630.

500.5.2.3 Control de la consistencia

Se debe controlar la consistencia de cada carga transportada, para lo cual se debe extraer una muestra en el momento de la colocación del concreto, para someterla al ensayo de asentamiento (INV E-404/NTC 396). El resultado obtenido se debe ajustar al establecido al definir la fórmula de trabajo, con las tolerancias que muestra la Tabla 500 — 11. Si el asentamiento se encuentra por fuera de los límites de tolerancia o por fuera del rango aceptado en el numeral 500.4.3, se debe tomar una segunda muestra del mismo camión y se debe repetir el ensayo. Si este último se encuentra dentro de los límites y las tolerancias especificados, se debe aceptar el viaje. En caso contrario, se debe rechazar.

Tabla 500 — 11. Tolerancias en el asentamiento y en el contenido de aire respecto de los definidos en la fórmula de trabajo

Característica	Construcción	Tolerancia
Asentamiento (mm)	Formaleta deslizante	0
	Flota motorizada	75 ± 25
	Regla vibratoria	75 ± 25
	Rodillo vibratorio	75 — 100
	Cimbra de rodillo	100 — 125
	Fast track	175 ± 25
Contenido de aire (%), cuando esté especificado	Formaletas fijas	+ 1,8
	Formaletas deslizantes	+ 1,8

500.5.2.4 Contenido de aire

Si en el diseño de la mezcla se ha especificado un contenido de aire, se debe 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/NTC 1032. Los resultados se deben ajustar al valor establecido al definir la fórmula de trabajo, con las tolerancias que muestra la Tabla 500 — 11. Si el resultado de la muestra de algún camión se encuentra por fuera de los límites de tolerancia, se toma una segunda muestra del mismo camión y se repite el ensayo. Si este último se encuentra dentro de la tolerancia especificada, se debe aceptar el viaje. En caso contrario, se rechaza. Si se rechaza el concreto de los tres (3) camiones consecutivos por este motivo, se suspende la producción de la mezcla y la construcción de las losas, hasta que se detecten y corrijan las causas de la anomalía.

500.5.2.5 Control de la densidad del concreto

Rige lo establecido en el numeral 630.5.2.6 del artículo 630.

500.5.2.6 Control de temperatura

Se controla la temperatura del concreto en estado fresco siguiendo la norma de ensayo ASTM C1064. Si la temperatura del concreto, medida en la entrega de este, no cumple los requisitos del numeral 500.4.6.18 del presente artículo, se debe realizar inmediatamente una medición adicional sobre una nueva muestra del mismo despacho. Si no se cumplen los requerimientos de temperatura, el concreto no se puede usar en obra.

500.5.2.7 Control del módulo elástico del concreto

Sobre los núcleos cilíndricos extraídos del pavimento para el control de espesores de la

capa de rodadura, numeral 500.5.3.2, se debe determinar el módulo de elasticidad, mediante el procedimiento descrito en la norma de ensayo INV E-424/NTC 4025.

El valor promedio de cada lote debe ser reportado y emplearse, si corresponde, en la revisión de los diseños estructurales de la capa de rodadura.

500.5.2.8 Control de la resistencia del concreto

Se considera como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, la obra ejecutada en una jornada de trabajo.

En lo relativo a integridad del pavimento, numeral 500.5.3.1, la unidad de valoración para aceptación o rechazo es la unidad de losa, y en lo relativo a regularidad superficial se aplica lo descrito en el numeral 500.5.3.6.

De cada lote definido para inspección se deben moldear aleatoriamente y de amasadas diferentes, un mínimo de cuatro (4) muestras, constituida cada una por seis (6) especímenes prismáticos y seis (6) cilíndricos de una misma amasada y cuyas dimensiones, preparación y curado deben estar de acuerdo con la norma de ensayo INV E-420/NTC 550.

En la identificación de cada espécimen debe constar la fecha y la hora de elaboración, la identificación de la(s) losa(s) donde este fue vaciado y cualquier otra información que se considere necesaria.

Por cada muestra se elaboran las siguientes probetas:

- Seis (6) vigas prismáticas para ensayos de resistencia a flexión (INV E-414/NTC 2871), de las cuales se fallan dos (2) vigas a siete días (7 d), dos (2) a veintiocho días (28 d) y dos (2) destinadas como testigos (o las edades definidas para control, resistencia de diseño y verificación de resistencia residual), luego de ser sometidas al curado normalizado.
- Seis (6) cilindros, para ensayos de compresión (INV E-410/NTC 673), de los cuales se fallan dos (2) probetas a siete días (7 d), dos (2) a veintiocho días (28 d) y dos (2) destinadas como testigos (o las edades definidas para control, resistencia de diseño y verificación de resistencia residual), luego de ser sometidos al curado normalizado.

Nota: bajo condiciones excepcionales, se puede evaluar la posibilidad de usar cilindros de cien milímetros (100 mm) de diámetro por doscientos milímetros (200 mm) de altura, con una relación diámetro del cilindro/tamaño máximo nominal del agregado, no menor a tres (3). En caso de ser aprobado por el interventor, se deben usar como mínimo tres (3) probetas a siete días (7 d), tres (3) a veintiocho días (28 d) y tres (3) destinadas como testigos (o las edades definidas para control, resistencia de diseño y verificación de resistencia residual), 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 el resultado de un ensayo. Los valores de resistencia a siete días (7 d) (o la edad definida) se deben emplear 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 días (28 d) (o la edad especificada) se emplean en la comprobación de la resistencia del concreto para su aceptación.

En algunos proyectos o algunas partes de un proyecto, se puede requerir que la resistencia especificada para el concreto se obtenga a una edad más temprana, la cual debe estar definida en los documentos del proyecto o acordada y aprobada por el interventor. En estos casos, se varían las edades de los ensayos, de manera consecuente y los criterios de aceptación se aplican a la nueva edad establecida.

Todos los ensayos de resistencia se reportan con la precisión indicada en las normas de ensayo respectivas, empleando el método de redondeo de la norma de ensayo INV E-823.

500.5.2.8.1 Criterios de aceptación y rechazo

Los criterios de aceptación y rechazo del concreto colocado en el sitio son los dos siguientes:

- El diseño de mezcla de concreto para la capa de rodadura se considera adecuado cuando el promedio de tres (3) resultados consecutivos de resistencia a la compresión es igual o excede la resistencia especificada *f´c*. Así mismo, si el promedio de cinco (5) resultados consecutivos de resistencia a la flexión es igual o excede la resistencia especificada *f´r*.
- Ningún resultado individual de resistencia puede estar por debajo de la resistencia especificada en:
  - 3,5 MPa para *f´c* cuando *f´c* sea ≤ 35 MPa,
  - 0,10**f´c* cuando *f´c* sea > 35 MPa, o
  - 0,5 MPa para *f´r*.

La mezcla debe ser rediseñada en caso de que la resistencia a la compresión o a la flexión no cumpla con estos criterios.

Si se confirma la posibilidad de que el concreto es de baja resistencia, se deben tomar tres núcleos, como lo indica la norma INV E-418/ NTC 3658, por cada resultado del ensayo de resistencia que sea menor que los valores señalados. Los núcleos no deben ser ensayados antes de cuarenta y ocho horas (48 h) y no más tarde de siete días (7 d) de su extracción. El concreto representado por la zona de los núcleos se considera estructuralmente adecuado si el promedio de los tres núcleos es mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) de la resistencia especificada a la compresión y ningún núcleo individual presenta una resistencia menor del setenta y cinco por ciento (75 %) de la resistencia especificada a la compresión. Cuando los núcleos den valores erráticos, se deben extraer núcleos adicionales de la misma zona.

500.5.2.9 Control de curado

Todo vaciado de concreto que no sea correctamente curado, puede ser rechazado por el interventor. Si se trata de una superficie de contacto con vaciados subsecuentes de concreto, deficientemente curada, el interventor puede 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, curada correctamente.

Los especímenes curados en las mismas condiciones de la obra deben dar como mínimo el ochenta y cinco por ciento (85 %) de la resistencia de los especímenes curados en agua

para control de calidad. El cumplimiento de este requisito es garantía de que se está realizando un curado efectivo en obra.

Solo para efectos de aceptación y rechazo de la capa de rodadura construida, se debe medir la resistencia del concreto tanto en especímenes de control de calidad de obra como en especímenes de control del desarrollo de resistencia del concreto ya instalado, mediante la disposición de cilindros de control de calidad al pie del elemento y/o extracción y ensayo de núcleos (NTC 3658 extracción de núcleos), lo anterior para determinar la efectividad de las labores de compactación y curado, si existe alguna incertidumbre con la estructura o con la resistencia en probetas.

500.5.3 Control de la capa de rodadura terminada

La capa terminada debe presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y las pendientes establecidas en los documentos del proyecto o modificadas por situaciones que lo requieran con aprobación del interventor.

La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa construida no puede ser menor que la indicada en los documentos del proyecto, salvo que haya sido necesario efectuar modificaciones con la aprobación del interventor.

La cota de cualquier punto de la capa de rodadura del pavimento curado no debe variar en más de cinco milímetros (5 mm) de la proyectada. De igual manera, no deben existir depresiones mayores a tres milímetros (3 mm), cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793. La regla se debe colocar tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja al azar el interventor, los cuales no pueden estar afectados por cambios de pendiente. Las losas que presenten anormalidades por encima de estos límites deben ser demolidas y sus escombros transportados a los sitios aprobados para su recepción, todo a expensas del constructor, quien, además, las debe reemplazar con losas que cumplan todas las exigencias del presente artículo, sin que ello implique costo alguno para INVÍAS. El producto de la demolición es propiedad del constructor.

500.5.3.1 Integridad

Siempre que se presenten losas agrietadas o astilladas, se debe proceder como se indica en el numeral 500.5.4.

Si el interventor acepta losas agrietadas sin demoler, se debe dejar constancia de ello en el acta de recibo definitivo de las obras e INVÍAS puede exigir, durante el periodo 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 deben ser demolidas y reconstruidas con cargo a la garantía.

500.5.3.2 Control del espesor

Durante la construcción de la capa de rodadura se deben nivelar el eje y los bordes del pavimento cada veinte metros (20 m) a lo largo del eje, tanto sobre la superficie de soporte de la capa de rodadura, como en la superficie del pavimento de concreto hidráulico, después

de su ejecución y curado. Estas verificaciones de nivel se deben realizar exactamente en los mismos puntos. Así mismo, una vez retiradas las formaletas, se debe realizar las verificaciones de espesores en los costados de las losas. Estas mediciones de niveles se usan 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 cuando los resultados de la nivelación muestren que existen posibles deficiencias de espesor.

La verificación de espesor para aceptación o rechazo se debe realizar por lotes. Se deben usar los mismos lotes establecidos para la verificación de la resistencia, numeral 500.5.2.8. Cada lote se subdivide en, al menos, tres (3) sublotes de máximo trescientos cincuenta metros cuadrados (350 m^2) cada uno, y se deben extraer de cada sublote dos (2) testigos cilíndricos o núcleos mediante equipos provistos de brocas rotativas (norma de ensayo INV E-418/NTC 3658). Los testigos se deben extraer luego de transcurridos quince días (15 d) desde la colocación del concreto. Los espesores de los núcleos se deben medir según la norma de ensayo INV E-419. Se pueden emplear ensayos no destructivos como escáneres y radares para la verificación del espesor.

Los agujeros dejados por los núcleos en el pavimento se deben rellenar a más tardar al día siguiente del corte, con un concreto apropiado de la misma calidad del concreto de las losas o superior, que no se contraiga. Antes de su colocación, se debe aplicar una resina en las paredes del agujero, según lo establecido en el numeral 630.2.5 del artículo 630.

Si el espesor promedio de los dos (2) testigos correspondientes a un (1) sublote resulta inferior al espesor de diseño (e_d) en más de diez milímetros (10 mm) el constructor debe demoler todo el sublote, retirar y disponer apropiadamente los escombros en un lugar aprobado y reconstruir el pavimento, todo ello a sus expensas, de modo que cumpla todas las exigencias de la presente especificación. Igual procedimiento se debe seguir cuando el espesor de un (1) testigo resulte inferior en más de quince milímetros (15 mm) con respecto al espesor de diseño (e_d). El material producto de la demolición es de propiedad del constructor.

Se considera 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 (1) sublote por los motivos expuestos en el párrafo anterior, las alturas de los testigos tomados en el tramo objeto de demolición no se consideran en el cálculo del espesor promedio del lote (e_m).

Si el espesor promedio del lote (e_m) es inferior al espesor de diseño (e_d) en más de dos milímetros (2 mm) y hasta siete milímetros (7 mm), el pavimento se debe aceptar con descuento por deficiencia. El descuento se aplica al lote del 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 la capa de rodadura de concreto hidráulico en el lote así afectado, se calcula con la expresión:

$$D = \left(1 - \frac{(e_m+2)^2}{e_d^{\,2}} \right) \qquad [500.1]$$

Donde:

e_d, espesor de diseño, en milímetros (mm).

e_m, espesor promedio del lote, en milímetros (mm).

El factor de ajuste de precio por espesor (*FAE*) (menor o igual que la unidad), que se aplica al precio unitario del contrato para el pago de los lotes correspondientes al lote analizado, es el resultado de restar el descuento (*D*) de la unidad.

$$FAE = 1\text{-}D \quad [500.2]$$

Cuando el espesor promedio del lote (e_m) sea inferior al espesor de diseño (e_d) en más de siete milímetros (7 mm), el constructor debe demoler, retirar y disponer escombros y reconstruir la capa de rodadura, a sus expensas, de modo que cumpla todas las exigencias de la presente especificación. La capa de rodadura reconstruida se somete 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 está generalizada en el lote, sino que está concentrada en algún sublote, la zona restante puede ser analizada nuevamente, tratándola como un lote. En este caso, puede ser necesario tomar testigos adicionales para cumplir el mínimo de tres (3) sublotes dentro de esta zona.

500.5.3.3 Control de ubicación de barras de transferencia

Se deben cumplir los desplazamientos máximos permitidos tanto en planta como en perfil establecidos en el numeral 500.2.2.1.1.

500.5.3.4 Control de la textura superficial

Al día siguiente de aquel en el cual se haya realizado el vaciado del concreto y el texturizado transversal, se determina, en sitios aleatorios (norma de ensayo INV E-730) que no coincidan con las 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 que se van a controlar por lote debe ser de tres (3), que se amplían 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 puede reducir la frecuencia de los ensayos.

La profundidad promedio de textura del lote debe estar comprendida entre sesenta y cien centésimas de milímetro (0,6 mm – 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 rechaza el tramo representado por el lote, hasta que el constructor haga las correcciones necesarias para alcanzar los valores prescritos, las cuales deben correr de su exclusiva cuenta y costo. Si la solución que propone o implementa el constructor da lugar a disminuciones en el espesor de la capa de

rodadura, se usan los espesores reducidos para verificar de nuevo el lote o lotes de las losas para su aceptación o rechazo por espesor, según el numeral 500.5.3.2.

500.5.3.5 Resistencia al deslizamiento

La resistencia al deslizamiento se mide 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 las juntas del 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 eligen al azar, sino que son ubicados por el interventor, en aquellos lugares que considere más sensibles al deslizamiento vehicular, en condición de superficie húmeda.

Las medidas se realizan 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 puede presentar un valor inferior al límite indicado en la Tabla 500 — 12, de acuerdo con el tránsito de diseño y el tipo de sección vial. En caso de que se presenten valores menores, el interventor debe realizar medidas adicionales para delimitar perfectamente el área afectada, la cual debe ser corregida por el constructor, a sus expensas, mediante microfresado. Si esta operación afecta el espesor de la capa de rodadura, se deben usar los espesores reducidos para verificar de nuevo el lote o lotes de las losas para su aceptación o rechazo por espesor, según el numeral 500.5.3.2.

Tabla 500 — 12. Valores mínimos admisibles del coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo británico

Tipo de sección	Coeficiente de resistencia al deslizamiento, mínimo		
	NT1	NT2	NT3
Glorietas, curvas con radios menores de doscientos metros (200 m), pendientes mayores o iguales a cinco por ciento (≥ 5 %) en longitudes de cien metros (100 m) 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 indica el equipo autorizado, así como los valores mínimos por alcanzar, los cuales deben ser, cuando menos, equivalentes a los señalados en la Tabla 500 —12 para medidas con el péndulo.

500.5.3.6 Regularidad superficial

El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) se debe comprobar 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 debe realizar, únicamente, con

procedimientos de medida de precisión o con equipos de referencia inercial.

Las medidas de precisión se pueden 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, este se debe 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 debe operar de acuerdo con la norma de ensayo ASTM E950.

Para efectos de la evaluación con fines de recibo, las medidas se realizan en cada uno de los carriles del pavimento construido y los valores de IRI se presentan en metro por kilómetro (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 constituye un lote.

No hay 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 deben ser definidos por el interventor, con su ubicación respectiva (carril y abscisa), antes de proceder a la determinación de IRI.

Se entiende 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 — 13.

Tabla 500 — 13. 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 IRI exceden los límites especificados, no es superior a veinte por ciento (20 %) del total del lote, el interventor debe delimitar los subsectores relevantes en el incumplimiento y puede 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 500.5.3.2. Si el acabado es incorrecto y/o la reducción de espesor conduce al rechazo, el constructor debe demoler, retirar y reconstruir los lotes afectados. Tanto la corrección de defectos como la demolición y el retiro al sitio de disposición de sobrantes y la posterior reconstrucción de la capa de rodadura, con la calidad exigida por el presente artículo, deben ser 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 este debe ser demolida y reconstruida. La demolición, el traslado y la disposición del material demolido y la reconstrucción de la capa de rodadura, con la calidad exigida por el presente artículo, deben ser a expensas del constructor.

En ambos casos, el material demolido es de propiedad del constructor. Este, a su vez, no puede invocar las reparaciones o las reconstrucciones derivadas de deficiencias en la regularidad superficial, como causal para incumplir el programa de trabajo.

500.5.3.7 Eficiencia en la transferencia de carga en las juntas

Se debe comprobar la transferencia de carga, tanto en las juntas longitudinales como en las transversales, siguiendo las indicaciones de los documentos del proyecto. En ellos se deben fijar, también, los valores mínimos admisibles y los procedimientos que se debe seguir en caso de incumplimiento.

500.5.4 Defectos e imperfecciones a edades tempranas

Si se presentan fisuras tempranas, se debe realizar una revisión detallada de las mezclas utilizadas, de los asentamientos medidos, del manejo de las películas o del procedimiento de protección y curado, del tiempo de ejecución de los cortes, de la temperatura ambiente y del concreto y, en general, de todos los elementos que puedan haber incidido en la ocurrencia del fenómeno.

Las losas no pueden presentar grietas. El interventor puede aceptar pequeñas fisuras de retracción plástica, de corta longitud y que no afecten más que de forma limitada a la superficie del pavimento, y debe exigir su sellado.

Si una losa presenta una grieta única no ramificada, sensiblemente paralela a una junta, el interventor la puede aceptar 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 instalan en la grieta pasadores o barras de unión, con disposición similar a los existentes en la junta. La grieta se sella, previa regularización y cajeo de sus bordes.
- Si la junta más próxima a la grieta ya se hubiera construido, la grieta se inyecta, 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 las puede aceptar u ordenar la demolición parcial de la zona afectada y su posterior reconstrucción. En el primer caso, la grieta se inyecta 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, puede tener una (1) de sus dimensiones de menos de treinta centímetros (0,30 m). La reposición se ancla mediante grapas al resto de la losa.

La resina polimérica debe cumplir lo establecido en el numeral 630.2.5 del artículo 630 y se debe aplicar de acuerdo con un

procedimiento previamente aprobado por el interventor.

Si a causa del aserrado prematuro se presentan astilladuras en las juntas, estas deben ser reparadas por el constructor, a sus expensas, usando un concreto o mortero de resina epóxica apropiado de la misma calidad del concreto de las losas o superior. Antes de la colocación del producto de reparación, la junta debe 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 debe aplicar un imprimante en la cavidad cumpliendo lo establecido en el numeral 630.2.5 del artículo 630.

En todos los casos, el constructor debe presentar, previamente, un documento con las acciones correctivas propuestas, incluyendo materiales, dimensiones y procedimientos que pretende utilizar para la reparación de la capa de rodadura.

500.5.5 Conservación de la capa de rodadura de concreto hidráulico

La capa de rodadura de concreto hidráulico se debe mantener en perfectas condiciones, de acuerdo con lo establecido en el numeral 500.4.7 del presente artículo.

500.6 Medida

La unidad de medida de la capa de rodadura de concreto hidráulico debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1), 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 debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma de ensayo INV E-823.

El volumen se determina multiplicando la longitud real medida a lo largo del eje del proyecto, por el ancho y el espesor mostrados en los documentos del proyecto. En aquellos lotes aceptados cuyo espesor promedio resulte inferior al de diseño, el volumen se determina usando el espesor promedio del lote en lugar del espesor mostrado en los documentos del proyecto. No se mide, 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 debe medir como se indica en el artículo 640, Acero de refuerzo.

El acero correspondiente a pasadores y barras de amarre no se debe medir para efectos de pago independiente.

500.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al precio unitario del contrato, multiplicado por el FAE, definido anteriormente, por toda obra ejecutada, de acuerdo con este artículo y aprobada por el interventor.

El precio unitario debe 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. Debe cubrir, también, todos los

costos de explotación de las fuentes de materiales; la selección, la trituración, el eventual lavado y la 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 la capa de rodadura de la capa de soporte; 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, 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 de la capa de rodadura 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 periodo de curado; la limpieza final del sitio de los trabajos al término satisfactorio de estos y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario debe incluir los costos de 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 tanto, no hay lugar a pago separado por este concepto. Si dicho ítem no está contemplado en el contrato, el constructor debe incluir el costo de la preparación de la superficie existente dentro del precio unitario de la capa de rodadura de concreto hidráulico.

El acero necesario para la construcción de losas reforzadas se paga con cargo al artículo 640.

500.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
500.1	Pavimento de concreto hidráulico	Metro cúbico (m^3)
500.2	Pavimento de concreto hidráulico de fraguado rápido (*fast track*)	Metro cúbico (m^3)

Nota: en el caso de pavimentos de concreto hidráulico de fraguado rápido (*fast track*), los documentos del proyecto deben definir la edad a la cual se debe alcanzar la resistencia de diseño.

500.9 Glosario

500.9.1 Definiciones tipos de pavimentos de concreto hidráulico

500.9.1.1 Pavimento de concreto convencional con juntas

Es un pavimento que está compuesto de losas de concreto hidráulico, moduladas en forma rectangular o cuadradas, sin ningún tipo de malla de refuerzo con barras corrugadas al interior de las losas, con juntas transversales de contracción, con o sin barras de transferencia, y con juntas longitudinales con o sin la presencia de barras de transferencia, y con o sin la presencia de barras de amarre.

500.9.1.2 Pavimento con juntas y losas reforzadas

Es un pavimento que está compuesto de losas de concreto hidráulico, moduladas de acuerdo con los criterios establecidos en esta especificación, pero que, por consideraciones de esfuerzos en el concreto, tamaño de las losas, presencia de elementos fijos dentro de las losas, o todas ellas, se requiere la colocación de una o dos mallas de barras de acero de refuerzo corrugado, ubicadas en el sitio establecido en los documentos del proyecto.

500.9.1.3 Sobrelosas

Es un pavimento que está compuesto de losas de concreto hidráulico, convencional con juntas, reforzado o no, colocadas sobre un pavimento existente, que recibe un tratamiento previo. Las sobrelosas se clasifican, de acuerdo con el tipo de estructura existente sobre la cual se coloca de la siguiente manera.

500.9.1.3.1 Sobre pavimento de concreto, adheridas

Cuando las losas nuevas de concreto hidráulico se colocan sobre un pavimento de concreto existente y en el diseño se considera la adherencia entre estos. Se debe garantizar la adherencia tanto en la construcción como en la operación.

500.9.1.3.2 Sobre pavimento de concreto, no adheridas

Cuando las losas nuevas de concreto hidráulico se colocan sobre un pavimento de concreto existente. En los criterios de diseño no se considera la adherencia entre el concreto nuevo y el existente. No es necesario garantizar la adherencia ni durante la construcción ni en la operación, aunque se permite que se adhiera como factor de seguridad.

500.9.1.3.3 Sobre pavimento asfáltico, adheridas

Cuando las losas nuevas de concreto hidráulico se colocan sobre un pavimento asfáltico existente y en el diseño se considera la adherencia entre el concreto nuevo y el asfalto. Se debe garantizar la adherencia tanto en la construcción como en la operación.

500.9.1.3.4 Sobre pavimento asfáltico, no adheridas

Cuando las losas nuevas de concreto hidráulico se colocan sobre un pavimento asfáltico existente. En los criterios de diseño no se considera la adherencia entre concreto nuevo y el asfalto. No es necesario garantizar la adherencia ni durante la construcción, ni en la operación, aunque se permite que se adhiera como factor de seguridad.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

500.9.1.3.5 Sobre pavimento compuesto, adheridas

Cuando las losas nuevas de concreto hidráulico se colocan sobre un pavimento compuesto existente (pavimento de concreto antiguo y sobrecapa asfáltica antigua), y en el diseño se considera la adherencia entre el concreto nuevo y el asfalto. Se debe garantizar la adherencia tanto en la construcción como en la operación.

500.9.1.3.6 Sobre pavimento compuesto, no adheridas

Cuando las losas nuevas de concreto hidráulico se colocan sobre un pavimento compuesto existente (pavimento de concreto antiguo y sobrecapa asfáltica antigua). En los criterios de diseño no se considera la adherencia entre concreto nuevo y el asfalto. No es necesario garantizar la adherencia ni durante la construcción, ni en la operación, aunque se permite que se adhiera como factor de seguridad.

500.9.1.4 Pavimento continuamente reforzado (con limitaciones)

Es un pavimento que está compuesto de una losa de concreto hidráulico, sin juntas de contracción, pero que por consideraciones de esfuerzos en el concreto se requiere la colocación de un sistema de refuerzo corrugado, tanto en sentido longitudinal como transversal, ubicado en el sitio establecido en los documentos del proyecto.
Para este tipo de pavimento son aplicables los procedimientos establecidos en este artículo, con excepción de los capítulos de modulación, corte y sellado de juntas, y lo relacionado con los sistemas de transferencia de carga y amarre.

500.9.2 Otras definiciones

500.9.2.1 Material cementante

Un material cementante es aquel que tiene las propiedades de adhesión y cohesión necesarias para unir agregados y conformar una masa sólida de resistencia y durabilidad adecuada. Los principales cementantes son los cementos hidráulicos, algunas escorias y ciertos materiales con propiedades puzolánicas. De acuerdo con el grado de poder cementante y los requisitos específicos de las aplicaciones, estos cementantes se pueden utilizar en forma individual o combinados entre sí.

500.9.2.2 Adiciones suplementarias

Son materiales inorgánicos de origen natural o artificial que al ser incorporados en las mezclas cementicias (lechadas, morteros o concretos) o directamente durante la creación del cemento, permiten alcanzar mejoras tecnológicas de desempeño, ya sea en su estado fresco, durante su fraguado y/o en su estado endurecido (propiedades resistentes y durables).

Las adiciones suplementarias son materiales cementantes que tienen propiedades puzolánicas, hidráulicas, o ambas. Algunos ejemplos son las cenizas volantes (clases C y F según la NTC 3493/ASTM C618), el humo de sílice, las puzolanas naturales o calcinadas, las escorias cementantes (granulada y molida), metacaolín (arcilla calcinada), entre otros.

De acuerdo con la disponibilidad de materiales, las propiedades finales deseadas y las capacidades tecnológicas, se puede utilizar más de un tipo de adición suplementaria, en

forma combinada con los demás materiales. Los cementos «ternarios» son aquellos que contienen dos adiciones suplementarias diferentes en su composición, además del clínker, yeso y aditivos de proceso (si se usan). Los cementos «cuaternarios» son los que contienen tres adiciones principales más clínker, yeso y aditivos de proceso (si se usan).

Dependiendo de la naturaleza de la adición, estas pueden no solo contribuir con las propiedades de ganancia de resistencia del cemento, sino también con otras propiedades de las mezclas.

Tabla 500 — 14. Naturaleza de las adiciones suplementarias

Material	Naturaleza cementante o tipo de reacción
Puzolana natural (clase N) (Nota 1)	Puzolánica con cemento Portland
Ceniza volante silícea (clase F) (Nota 1)	Puzolánica con cemento Portland
Ceniza volante de alta cal (clase C) (Nota 1)	Puzolánica con cemento Portland, pero también ligeramente hidráulica
Escoria de alto horno granulada y molida	Potencialmente hidráulica
Humo de sílice (Nota 2)	Puzolánico con cemento Portland
Relleno calcáreo	Llenante con acción hidráulica ligera con cemento Portland
Metacaolín (arcilla calcinada)	Puzolánica con cemento Portland

Nota 1: clasificación de acuerdo con la NTC 3493 (ASTM C618).

Nota 2: debe cumplir lo establecido en la norma técnica ASTM C1240.

500.9.2.3 Adiciones complementarias

Son materiales que se incorporan a las mezclas de concreto para mejorar o modificar otras prestaciones del concreto diferentes a las características cementantes o de actividad hidráulica que sí ofrecen las adiciones suplementarias.

Las adiciones complementarias pueden ser fibras, pigmentos, llenantes, polímeros, entre otras.

- Las fibras para el concreto consisten en elementos de corta longitud y pequeña sección que son incorporados a su masa con el objetivo de mejorar algunas de sus prestaciones, tanto en estado fresco como una vez endurecido. Estas fibras generalmente son de acero, sintética, vidrio (protegida al álcalis), o su combinación, disponibles en una amplia variedad de formas, tamaños y espesores.
- La utilización de fibras contribuye a modificar el comportamiento del concreto, ya sea para disminuir la fisuración, modificar la resistencia, conceder ductilidad, reemplazar parcialmente el refuerzo o aumentar la durabilidad, las que sean aplicables según el diseño. Es conveniente que se determinen

la dosificación y el tipo de fibras por utilizar, dependiendo de las normas que las estipulan, para que de este modo se logre proporcionar la funcionalidad del material en los diferentes espacios y a su vez se garantice un adecuado desempeño de la estructura.

- Los pigmentos son partículas de polvo más fino que el cemento, químicamente inertes, insolubles en agua y resistentes a la alcalinidad del cemento; crean un color en el concreto, y pueden ser naturales o sintéticos. Un buen color depende de la pureza del pigmento, del porcentaje de la sustancia colorante, de su finura y su granulometría. Se recomienda no pasar del diez por ciento (10 %) de pigmentos en la mezcla para no tener exceso de partículas finas.
- Los llenantes son materiales inertes químicamente conocidos como rellenos que fomentan la densificación de la pasta de cemento o pueden tener un efecto físico, contribuyendo a la dispersión de los granos de cemento, a la vez que actúan como centros de nucleación, facilitando mejores condiciones para la hidratación y el desarrollo de resistencia a edad temprana.

500.9.2.4 Norma sismo resistente (NSR)

Es el Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente encargado de regular las condiciones con las que deben contar las construcciones, con el fin de que la respuesta estructural a un sismo sea favorable.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

ITEM 4,2 - ACERO DE REFUERZO FY 60.000 PSI, PARA DOVELAS DE TRANSFERENCIA DE CARGA (1"), BARRAS DE AMARRE (1/2"), REFUERZO CON VARILLA CORRUGADA DE 1/2" A CADA 20 CM EN AMBOS SENTIDOS PARA LOSAS IRREGULARES. (Especificación INVIAS ART.640)

Acero de refuerzo

Artículo 640 – 22

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 documentos del proyecto y esta especificación.

640.2 Materiales

640.2.1 Barras de refuerzo

Deben cumplir las que sean pertinentes de las siguientes normas, según se establezca en los documentos del proyecto: NTC 161, ASTM A615 (Grado 420), NTC 2289 (ASTM A706), NTC 4013 (ASTM A767), ASTM A996, ASTM A955, ASTM A1035 y ASTM A184.

Las barras de refuerzo galvanizadas deben cumplir con la NTC 4013 (ASTM A767); las barras con recubrimiento epóxico con el numeral 9.2.2. de la norma AASHTO LRFD Bridge Construction Specifications y con la NTC 4004 (ASTM A775) o la norma ASTM A934; las barras que se vayan a galvanizar deben cumplir con la NTC 2289 (ASTM A706).

En caso de usar barras de acero reciclado, proveniente de rieles o ejes, este debe ser tipo R, acorde con la norma ASTM A996 (Grado 420).

Las barras de acero inoxidable deben ser corrugadas y cumplir con la norma ASTM A955.

El acero utilizado en el refuerzo para concreto compuesto por fibras dispersas de acero, debe ser corrugado y cumplir con la NTC 5214 (ASTM A820). Las fibras de acero, a su vez, deben tener una relación longitud-diámetro no menor a cincuenta (50) y no mayor a cien (100).

El refuerzo liso solo se debe permitir como refuerzo de espirales no preesforzado, siempre y cuando así esté contemplado en los documentos del proyecto. Este refuerzo solo se debe permitir en los casos admitidos por el ACI 318, Requisitos de reglamento para concreto estructural.

640.2.2 Mallas electrosoldadas

Los alambres para mallas y las mallas en sí, deben cumplir con las normas NTC 5806 (ASTM A1064) y ASTM A1022.

Las mallas con recubrimiento epóxico, con la norma ASTM A884.

Las mallas galvanizadas deben cumplir con la norma ASTM A1060.

En mallas de alambre liso, las intersecciones soldadas no deben estar espaciadas a más de trescientos milímetros (300 mm), ni a más de cuatrocientos milímetros (400 mm) en mallas de alambre corrugado, excepto cuando las mallas se utilizan como estribos.

Se debe permitir el uso de alambre corrugado de los tamaños MD25 a MD200.

Se puede sustituir el refuerzo de alambre soldado con barras de refuerzo en los siguientes casos: recubrimiento de taludes y zanjas revestidas, muros de contención, barreras de hormigón, aceras, bordillos y cunetas en estructuras, adiciones estéticas no estructurales, muros de cabecera de alcantarillas, muros de extremo y muros de alas o aletas, concreto lanzado, sobrecapas de cubiertas. Si el refuerzo de alambre soldado no proporciona el área de acero requerida, se puede completar con barras de refuerzo

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 deben considerar las masas unitarias que se indican en las Tablas 640 – 1 y 640 – 2.

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)	
Nro. 2	6,4	1/4	0,250
Nro. 3	9,5	3/8	0,560
Nro. 4	12,7	1/2	0,994
Nro. 5	15,9	5/8	1,552
Nro. 6	19,1	3/4	2,235
Nro. 7	22,2	7/8	3,042
Nro. 8	25,4	1	3,973
Nro. 9	28,7	1 1/8	5,060
Nro. 10	32,3	1 1/4	6,404
Nro. 11	35,8	1 3/8	7,907
Nro. 14	43,0	1 3/4	11,380
Nro. 18	57,3	2 1/4	20,240

Tabla 640 – 2. Masa de las barras por unidad de longitud (Diámetros basados en milímetros)

Barra	Diámetro nominal	Masa (kg/m)
	(mm)	
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

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).

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 debe disponer del equipo apropiado para dicha labor y de personal capacitado para la misma, el cual debe contar con el respectivo certificado de calificación de soldador vigente y válido para el tipo de procedimiento que debe efectuar en concordancia con la AWS. Se debe requerir, además, la certificación del fabricante del acero que indique que el producto es apto para ser soldado.

Se deben requerir, además, elementos que permitan asegurar correctamente el refuerzo en su posición, así como herramientas menores.

640.4 Ejecución de los trabajos

Se deben tener en cuenta las exigencias del ACI 318 y de la Norma Colombiana de Diseño 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 documentos del proyecto, el constructor debe verificar además de las dimensiones y longitudes de los elementos en obra, las listas de despiece y los diagramas de doblado. Si los documentos del proyecto no los muestran, las listas y los diagramas deben 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 debe 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 debe revisar, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), 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 días (30 d) 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 correspondientes deben ser dejados sin modificación alguna, según se muestre en los documentos del proyecto.

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, debe estar identificado con etiquetas en las cuales se indiquen la fábrica, el grado del acero y el lote o colada correspondiente.

El acero debe almacenarse en forma ordenada por encima del nivel del terreno, sobre plataformas, largueros u otros soportes de material adecuado y debe ser protegido contra daños

mecánicos y deterioro superficial, incluyendo los efectos de la intemperie, manteniéndolo en un ambiente seco, ventilado y fuera de ambientes corrosivos.

640.4.3 Doblamiento

Las barras de refuerzo deben doblarse 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 no debe ser menor que los indicados en la Tabla 640 – 4.

El doblamiento de las barras se debe realizar en frío y a una velocidad moderada y debe evitarse el doblado a temperaturas inferiores a cinco grados Celsius (5 °C).

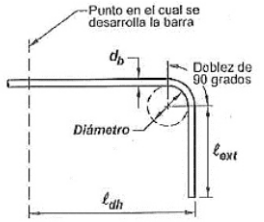
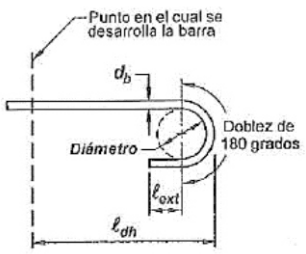
Barras o mallas galvanizadas deben repararse en sus extremos acorde con la NTC 6092 (ASTM A780), cuando sean cortadas o cuando su recubrimiento de galvanización sea removido o dañado. No se deben admitir barras con más del dos por ciento (2 %) de área superficial dañada.

640.4.4 Colocación y amarre

Todo acero de refuerzo al ser colocado en la obra y antes de la fundición del concreto, debe 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 debe ser quitado del acero.

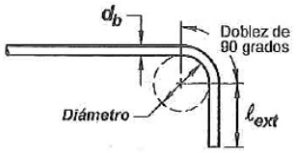
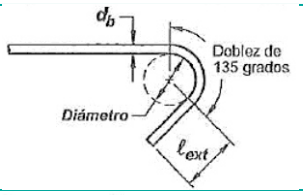
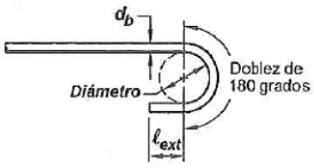
Las barras se deben colocar con exactitud, de acuerdo con las indicaciones de los documentos del proyecto, y se deben asegurar firmemente en las posiciones señaladas, de manera que no sufran desplazamientos durante la

Tabla 640 – 3. Geometría del gancho estándar para el desarrollo de barras corrugadas a tracción

Tipo de gancho estándar	Diámetro de la barra	Diámetro interior mínimo de doblado (mm)	Extensión recta [1], ℓ_{ext} (mm)	Tipo de gancho estándar
Gancho de noventa grados (90°)	Nro. 10 a nro. 25	6_{db}	12_{db}	
	Nro. 29 a nro. 36	8_{db}		
	Nro. 43 y nro. 57	10_{db}		
Gancho de ciento ochenta grados (180°)	Nro. 10 a nro. 25	6_{db}	Mayor de 4_{db} y 65 mm	
	Nro. 29 a nro. 36	8_{db}		
	Nro. 43 y nro. 57	10_{db}		

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

Tabla 640 – 4. Diámetro mínimo interior de doblado y geometría del gancho estándar para estribos y estribos cerrados de confinamiento

Tipo de gancho estándar	Diámetro de la barra	Diámetro interior mínimo de doblado (mm)	Extensión recta [1], ℓ_{ext} (mm)	Tipo de gancho estándar
Gancho de noventa grados (90°)	Nro. 10 a nro. 16	4_{db}	Mayor de 6_{db} y 75 mm	
	Nro. 19 a nro. 25	6_{db}	12_{db}	
Gancho de ciento treinta y cinco grados (135°)	Nro. 10 a nro. 16	4_{db}	Mayor de 6_{db} y 75 mm	
	Nro. 19 a nro. 25	6_{db}		
Gancho de ciento ochenta grados (180°)	Nro. 10 a nro. 16	4_{db}	Mayor de 4_{db} y 65 mm	
	Nro. 19 a nro. 25	6_{db}		

colocación y el fraguado del concreto. Las tolerancias en la posición de todo tipo de refuerzo deben cumplir con las especificaciones establecidas en ACI 117, Especificación para la tolerancia de estructuras de concreto y materiales. La posición del refuerzo dentro de las formaletas debe ser mantenida por medio de tirantes, bloques, silletas de metal, espaciadores o cualquier otro soporte aprobado por el interventor. Los bloques deben ser de mortero de cemento prefabricado o de concreto, de calidad, forma y dimensiones aprobadas, con una resistencia igual a la especificada para el elemento de concreto. Las silletas de metal que entren en contacto con la superficie exterior del concreto, deben ser galvanizadas. No se debe permitir el uso de guijarros, fragmentos de piedra o de ladrillo, tubería de metal o bloques de madera.

Las barras deben amarrarse con alambre en todas las intersecciones, excepto en el caso de espaciamientos menores de trescientos milí-metros (300 mm), para lo cual se deben amarrar alternadamente. El alambre usado para el amarre debe ser del tipo negro calibre número dieciocho (nro. 18). No se debe admitir 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 debe ser enderezada en láminas planas, antes de su ubicación.

Cuando se coloquen dos (2) o más filas de barras, las barras de las filas superiores deben colocarse directamente encima de las de la fila inferior y la separación libre entre filas no debe ser menor de veinticinco milímetros (25 mm).

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

La distancia libre mínima entre barras paralelas de una capa, debe ser la mayor entre veinticinco milímetros (25 mm), o el diámetro de la barra mayor, o uno coma treinta y tres (1,33) veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso.

Estos requisitos se deben cumplir, también, en la separación libre entre un empalme por traslapo y otros empalmes u otras barras.

Además, se deben cumplir con los recubrimientos mínimos especificados en el ACI 318 y de la Norma Colombiana de Diseño de Puentes, cumpliendo con las tolerancias máximas exigidas en ACI 117 o del ACI 318.

El interventor debe 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 deben cumplir los requisitos establecidos en el ACI 318 y en la Norma Colombiana de Diseño de Puentes y se deben efectuar en los sitios mostrados en los documentos del proyecto o donde lo indique el interventor, debiendo ser localizados de acuerdo con las juntas del concreto.

El constructor puede introducir traslapos y uniones adicionales, en sitios diferentes a los mostrados en los documentos del proyecto , siempre y cuando dichas modificaciones sean aprobadas por el diseñador estructural y el interventor, que los traslapos y uniones en barras adyacentes queden alternados según su exigencia, y que el costo del refuerzo adicional requerido sea asumido totalmente por el constructor.

En los traslapos, las barras deben 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 con las demás varillas y las superficies del concreto.

El constructor puede 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 deben estar certificados y calificados para el tipo de unión especificada, los procedimientos deben precalificarse por el interventor de acuerdo con los requisitos de la AWS y las juntas soldadas deben 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, debe correr por cuenta del constructor.

Las láminas de malla o parrillas de varillas se deben traslapar suficientemente entre sí, para mantener una resistencia uniforme y deben asegurarse en los extremos y bordes. El traslapo de mallas debe ser mínimo uno coma tres (1,3) la longitud de desarrollo requerida y debe cumplir con ACI 318.

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 ACI 318 y en la Norma Colombiana de Diseño de Puentes.

640.4.7 Sustituciones

La sustitución de cuantías de refuerzo solo se puede efectuar con autorización del diseñador estructural. En tal caso, el acero sustituido debe 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

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para el suministro, almacenamiento, transporte e instalación de acero estructural, se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios y evaluaciones ambientales del proyecto, así como en las normas y disposiciones vigentes sobre conservación del ambiente, los recursos naturales y protección de la comunidad.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación, deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben incluirse en los costos del proyecto, por tanto, no son objeto de reconocimiento directo en el contrato.

640.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

640.5.1 Controles

El plan de calidad y el plan de inspección, medición y ensayo, son de obligatorio cumplimiento tal como se encuentra expresado en el numeral 103.2 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor.

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

- Verificar el estado y funcionamiento del equipo de construcción.
- Constatar el cumplimiento de las disposiciones existentes en el artículo 102, Aspectos generales de seguridad y salud.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan con los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación; para tal efecto, se deben realizar los ensayos especificados en ACI 318 y la Norma Colombiana de Diseño de Puentes y constatar que se cumpla con los ensayos especificados en 640.5.2.1
- Verificar que el corte, doblado, colocación y cuantía del refuerzo se efectúen de acuerdo con los documentos del proyecto, con esta especificación y con sus instrucciones.
- Comprobar que cuando se sustituya el refuerzo indicado en los documentos del proyecto, se cuente con el aval del diseñador estructural responsable.
- Efectuar las medidas correspondientes para el pago del acero de refuerzo correctamente suministrado y colocado.

640.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

640.5.2.1 Calidad del acero

Las barras y mallas de refuerzo deben ser ensayadas en fábrica y sus resultados deben

satisfacer los requerimientos de las normas correspondientes NTC, ASTM o AASHTO relacionadas en el numeral 640.2.

El constructor debe 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 puede ordenar, a expensas de aquel, la ejecución de todos los ensayos que considere necesarios sobre el refuerzo, antes de aceptar su utilización, acorde con los volúmenes y frecuencias establecidas en el ACI 318 y en la Norma Colombiana de Diseño de Puentes.

Deben tomarse muestras de los aceros de refuerzo utilizados en la obra, de todos los diámetros de barra utilizados, por lo menos una vez por cada doscientas toneladas (200 t) de acero de refuerzo utilizado, cuando se trate de aceros de fabricación nacional, y cada cien toneladas (100 t) de acero de refuerzo empleado, cuando se trate de aceros importados, para ser ensayados a tensión. Los ensayos se deben realizar de acuerdo con lo especificado en la NTC 3353 (ASTM A370), NTC, ASTM o AASHTO referenciadas en 640.2, correspondiente a cada tipo de acero.

Cuando se autorice el empleo de soldadura para las uniones, su calidad y la del trabajo ejecutado, se deben verificar de acuerdo con lo indicado en el numeral 640.4.5.

Las varillas que tengan fisuras o hendiduras en los puntos de flexión, deben ser rechazadas.

640.5.2.2 Calidad del producto terminado

La tolerancia en la colocación del acero de refuerzo debe cumplir las máximas permitidas por el ACI 117.

Se deben aceptar 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 setenta y cinco milímetros (≤ 75 mm): cinco milímetros (5 mm).
- Con recubrimiento superior a setenta y cinco milímetros (> 75 mm): diez milímetros (10 mm).

640.5.2.2.2 Desviación en los espaciamientos prescritos

Se debe cumplir lo indicado en el numeral 640.4.4.

640.5.2.2.3 Área

No se debe permitir 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, debe ser corregido por el constructor, sin costo alguno para INVÍAS, de acuerdo con procedimientos aceptados por el interventor.

640.6 Medida

La unidad de medida debe ser el kilogramo (kg), aproximado al entero, 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 debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

La medida no debe incluir 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 documentos del proyecto, que hayan sido autorizados por el interventor, para conveniencia del constructor.

Tampoco se debe medir 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 debe medir la cantidad adicional.

La medida para barras se debe basar 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 debe ser 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 entero. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se deben medir cantidades en exceso de las indicadas en los documentos del proyecto o las ordenadas por el interventor.

640.7 Forma de pago

El pago se debe realizar al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada, de acuerdo con esta especificación y aceptada por el interventor.

El precio unitario debe cubrir todos los costos por concepto de suministro, ensayos, transportes, almacenamiento, corte, desperdicios, doblamiento, limpieza, colocación y fijación del refuerzo y por la mano de obra, materiales, patentes, equipos e imprevistos necesarios para terminar correctamente el trabajo, de acuerdo con los documentos del proyecto, con esta especificación y lo aprobado por el interventor.

El precio unitario debe 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 ejecu-ción de los trabajos y todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario debe incluir también, la administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

No debe haber 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 debe pagar 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

Ítem	Descripción	Unidad
640.1	Acero de refuerzo fy = ____ MPa	Kilogramo (kg)
640.2	Malla de refuerzo fy = ____ MPa	Kilogramo (kg)

Nota: se debe elaborar un ítem de pago para resistencia de acero que se especifique en el proyecto.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

ITEM 4,3 - BORDILLO EN CONCRETO DE 3000PSI CON DIMENSIONES DE 15X20 CM (NO INCUYE REFUERZO) (Especificación INVIAS ART.672)

Bordillos en concreto

Artículo 672 – 22

672.1 Descripción

Este trabajo consiste en la construcción de bordillos de concreto, con piezas prefabricadas o vaciadas *in situ*, en los sitios y con las dimensiones, los alineamientos y las cotas indicados en los documentos del proyecto.

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* debe ser del tipo definido en los documentos del proyecto, y su elaboración se debe hacer según lo especificado en el artículo 630, Concreto estructural. Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, el concreto debe tener una resistencia mínima a la compresión de veintiuno megapascales (21 MPa) a veintiocho días (28 d), y el tamaño máximo nominal del agregado pétreo no mayor que diecinueve milímetros (19,0 mm) (3/4 de pulgada).

672.2.2 Mortero

Cuando se requiera mortero para el asiento o la unión de bordillos, debe tener una dosificación mínima de cuatrocientos cincuenta kilogramos (450 kg) de cemento hidráulico por metro cúbico (m^3) de mortero.

672.2.3 Acero de refuerzo para bordillos vaciados *in situ*

Si el bordillo de concreto requiere acero de refuerzo, este debe cumplir con lo estipulado en el artículo 640, Acero de refuerzo.

672.2.4 Piezas prefabricadas

Las piezas prefabricadas deben cumplir con la NTC 4109.

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 debe emplear el material indicado en los documentos del proyecto, y aprobado por el interventor. Se deben seguir todas las indicaciones de manejo e instalación consignadas en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante.

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. Este debe estar formado por una parte

de cemento hidráulico y tres partes, en masa, de agregado que cumpla los requisitos de la 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 / U.S. *Standard*)	4,75	2,36	0,150	0,075
	Nro. 4	Nro. 8	Nro. 100	Nro. 200
Pasa tamiz (%)	100	95 — 100	0 — 25	0 — 10

672.3 Equipo

Al respecto, es aplicable todo lo que resulta pertinente del numeral 630.3 del artículo 630.

Los bordillos también pueden ser prefabricados, caso en el cual se debe disponer de formaleta metálica que permita su confección con las dimensiones especificadas.

Se pueden emplear, además, máquinas que construyan 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, esta debe 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, debe ser humedecida inmediatamente antes de colocar el concreto sobre ella.

Si la superficie de apoyo es un pavimento existente o un piso rígido, se debe 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, debe 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 vaciados sobre las losas de un pavimento construido en el mismo contrato, al vaciar estas se deben dejar ancladas las varillas de refuerzo del bordillo.

No está permitida la construcción de bordillos de concreto sobre suelos blandos o expansivos u otros materiales inadecuados. En tal caso, se deben efectuar los reemplazos que establezcan los documentos del proyecto o que determine el interventor.

672.4.2 Bordillos elaborados *in situ* manualmente

672.4.2.1 Colocación de formaletas para vaciado manual

El constructor debe instalar la formaleta sobre la superficie preparada. Esta, que debe ser metálica, salvo que el interventor autorice expresamente el empleo de formaletas de madera, se debe colocar y asegurar firmemente, de manera que el alineamiento y las dimensiones del bordillo correspondan a lo previsto en los documentos del proyecto.

La formaleta debe tener la rigidez suficiente para soportar la presión del concreto fresco, sin sufrir distorsiones.

672.4.2.2 Elaboración del concreto

El constructor debe diseñar la mezcla de concreto, elaborarla para que alcance la resistencia exigida, transportarla y entregarla, conforme se establece en el numeral 630.4 del artículo 630.

672.4.2.3 Construcción del bordillo

Previo al 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 debe colocar, vibrar y curar, según se establece en el numeral 630.4 del artículo 630.

En el caso de requerir anclajes, estos se deben ceñir a lo establecido en los documentos del proyecto o lo que apruebe el interventor, en cuanto a su geometría, profundidad de fijación y materiales de colocación.

672.4.2.4 Juntas

Se deben proveer juntas de expansión a intervalos no mayores de seis metros (6,0 m), las cuales deben tener el ancho que fijen los documentos del proyecto. Dicho espacio se debe rellenar con el material sellante aprobado.

En el caso de bordillos vaciados sobre pavimentos de concreto, sus juntas deben coincidir con las juntas transversales del pavimento.

672.4.2.5 Acabado

Las formaletas se deben quitar antes de que haya fraguado totalmente el concreto y luego se deben alisar las caras superiores y adyacentes al pavimento, con llana o palustre, para producir una superficie lisa y uniforme.

672.4.2.6 Curado

El curado se debe efectuar mediante un método aprobado por el interventor y durante el periodo que fije este, el cual no puede ser inferior a diez días (10 d).

672.4.3 Concreto vaciado con máquina

Los bordillos se pueden fabricar con un equipo diseñado especialmente para esta clase de trabajo, si se garantiza que con este se obtienen los alineamientos, las dimensiones y los acabados previstos en los documentos del proyecto.

En este caso, la mezcla se debe diseñar y elaborar conforme se indica en el numeral 672.4.2.2, pero se debe 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 debe verter en la máquina constructora del bordillo, la cual lo debe elaborar siguiendo el alineamiento previsto. Cualquier desprendimiento o imperfección pequeña, se puede reparar manualmente con ayuda de llanas y palustres.

Al bordillo se le deben hacer ranuras en su parte superior en el espesor y con la separación que determinen los documentos del proyecto.

El curado del bordillo se debe efectuar 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 debe someter a consideración del interventor los materiales para la elaboración del concreto. Una vez aprobados, debe diseñar la mezcla, de manera que garantice la resistencia especificada, y la debe elaborar, conforme se establece en el numeral 630.4 del artículo 630.

672.4.4.2 Fabricación

Los bordillos prefabricados se deben elaborar en piezas de longitud mínima de un metro (1,0 m) y con las formas y demás dimensiones establecidas en los documentos del proyecto.

La sección transversal de los bordillos curvos debe ser la misma que la de los rectos, y su directriz se debe ajustar a la curvatura del elemento constructivo en que vayan a ser colocados.

672.4.4.3 Colocación de los bordillos

Las piezas se deben asentar sobre el lecho de mortero, siguiendo el alineamiento previsto y se deben colocar dejando entre ellas un espacio de, aproximadamente, cinco milímetros (5 mm), el cual se debe rellenar con mortero del mismo tipo que el empleado en el asiento.

En el caso de requerir anclajes, estos se deben ceñir a los documentos del proyecto o a lo aprobado por el interventor.

672.4.5 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a la presente especificación se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

Todo material sobrante o proveniente de excavaciones debe ser retirado de las proximidades de las cunetas, transportado y depositado en vertederos autorizados, donde no contamine cursos ni láminas de agua.

En los puntos de desagüe se deben disponer las obras de protección requeridas, de manera que eviten procesos de erosión.

672.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

672.5.1 Controles

Resultan aplicables los descritos en el numeral 630.5 del artículo 630.

672.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

El interventor solo debe aceptar bordillos cuya forma corresponda a la indicada en los documentos del proyecto y cuyas dimensiones no difieran de las señaladas en dichos documentos, siempre que estas 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 deben aplicar los criterios expuestos en el numeral 630.5.1, del artículo 630, Concreto estructural.

En relación con la calidad de la mezcla, se debe aplicar 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 deben aplicar los criterios del numeral 640.5.2 del artículo 640, Acero de refuerzo.

En relación con la calidad del producto terminado, el interventor no debe aceptar 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 documentos del proyecto.

Las juntas se deben encontrar adecuadamente selladas con el producto aprobado, para que el interventor manifieste su conformidad con esta parte del trabajo.

Todo bordillo de concreto donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de la presente especificación, debe ser corregido por el constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta contar con su aprobación.

En el caso de piezas prefabricadas, se deben aplicar, además, las disposiciones de la NTC 4109. No se deben aceptar piezas para la instalación que se encuentren con astilladuras, fisuras, grietas, defectos, imperfectos o roturas.

672.6 Medida

La unidad de medida debe ser el metro (m), aproximado a la décima (0,1), de bordillo satisfactoriamente elaborado y terminado, de acuerdo con la sección transversal, las cotas y los alineamientos indicados en los documentos del proyecto. El resultado de la medida se debe 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 debe medir por aparte el acero de refuerzo efectivamente colocado, en kilogramos (kg) con aproximación al entero, según los detalles de los documentos del proyecto. No se debe medir, para efectos de pago, el acero

constructivo (soportes, separadores, silletas de alambre o elementos similares utilizados para mantener el refuerzo en su sitio).

Tampoco se deben medir, para efectos de pago, longitudes de bordillos en exceso de las indicadas en los documentos del proyecto.

672.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación, y aprobada por el interventor.

El precio unitario debe 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 debe incluir los costos de administración e 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 tanto, no debe haber lugar a pago separado por este concepto, salvo que dicho ítem no forme parte del mismo contrato, caso en el cual el constructor debe considerar el costo de la preparación de la superficie existente dentro del precio unitario del bordillo de concreto.

Solamente debe haber pago separado, si se requiere, por concepto del suministro y la colocación del acero de refuerzo de los bordillos de concreto vaciados *in situ*, actividad que se debe pagar bajo el artículo 640, Acero de refuerzo.

672.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
672.1	Bordillo de concreto vaciado *in situ*; no incluye la preparación de la superficie de apoyo	Metro (m)
672.2	Bordillo de piezas prefabricadas de concreto; no incluye la preparación de la superficie de apoyo	Metro (m)
672.3	Bordillo de concreto vaciado *in situ*; incluye la preparación de la superficie de apoyo	Metro (m)
672.4	Bordillo de piezas prefabricadas de concreto; incluye la preparación de la superficie de apoyo	Metro (m)

ITEM 4,4 - CONSTRUCCIÓN DE ANDENES EN CONCRETO DE 3000 PSI CON ESPESOR DE 10 CM (INCLUYE MALLA ELECTROSOLDADA) (Especificación INVIAS ART.500)

Pavimento de concreto hidráulico

Artículo 500 – 22

500.1 Descripción

Este artículo se refiere a la construcción de una capa de rodadura de concreto hidráulico, incluyendo la producción de materiales, el diseño, la elaboración y el transporte de la mezcla de concreto, procedimientos de acabado superficial, protección y curado del concreto, corte y sellado de juntas, apertura al tránsito y otras actividades necesarias para la correcta construcción de una capa de rodadura de concreto, con sus respectivos procedimientos de control de materiales, construcción y pavimento terminado. La capa de rodadura en concreto hidráulico se debe construir de acuerdo con los alineamientos, las cotas, las secciones, los espesores y demás parámetros indicados en su diseño y en los documentos del proyecto.

500.1.1 Tipos de pavimento de concreto hidráulico

Los procedimientos establecidos en este artículo son aplicables a los siguientes tipos de pavimentos de concreto hidráulico, de conformidad con las definiciones establecidas en el numeral 500.9.

- Pavimento de concreto convencional con juntas.
- Pavimento con juntas y losas reforzadas.
- Sobrelosas sobre pavimento de concreto, adheridas.
- Sobrelosas sobre pavimento de concreto, no adheridas.
- Sobrelosas sobre pavimento asfáltico, adheridas.
- Sobrelosas sobre pavimento asfáltico, no adheridas.
- Sobrelosas sobre pavimento compuesto, adheridas.
- Sobrelosas sobre pavimento compuesto, no adheridas.
- Pavimento continuamente reforzado (con limitaciones).

500.1.2 Restricciones

Por tratarse de modalidades de pavimentos de concreto hidráulico con diferencias sustanciales en su metodología de construcción, este artículo no es aplicable para los siguientes tipos de pavimentos de concreto:

- Pavimentos de concreto estampados.
- Pavimentos de concreto ultradelgados.
- Pavimentos de concreto compactado con rodillo (CCR).
- Pavimentos de concreto prensado.
- Pavimentos de losas prefabricadas de concreto.
- Pavimentos de concreto postensados.

500.2 Materiales

500.2.1 Concreto

Está conformado por una mezcla homogénea de agregados, material cementante, adiciones suplementarias, agua, aditivos y eventualmente adiciones complementarias, materiales que deben cumplir los requisitos básicos que se mencionan a continuación.

500.2.1.1 Cemento hidráulico

Rige lo establecido en el numeral 630.2.1.1 del artículo 630, Concreto estructural.

500.2.1.2 Adiciones suplementarias

Rige lo establecido en el numeral 630.2.1.2 del artículo 630.

500.2.1.3 Agregados

Rige lo establecido en el numeral 630.2.1.3 del artículo 630.

500.2.1.3.1 Agregado fino

Rige lo establecido en el numeral 630.2.1.3.1 del artículo 630.

500.2.1.3.2 Agregado grueso

Se denomina agregado grueso a la porción del agregado retenida en el tamiz de 4,75 mm (nro. 4). Dicho agregado debe estar compuesto de grava, grava triturada, roca triturada o concreto triturado fabricado con cemento hidráulico, que cumpla lo especificado en el numeral 630.2.1.3 del artículo 630; sus fragmentos deben ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. No se permite la utilización de agregado grueso proveniente de escorias de alto horno. Debe estar exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan afectar adversamente la calidad de la mezcla.

Su gradación se debe ajustar a alguna de las señaladas en la Tabla 500 — 1. Siempre que el tamaño máximo nominal sea mayor de veinticinco milímetros (25,0 mm) (1 pulgada), gradaciones AG-1 y AG-2, el agregado grueso se debe suministrar en las dos fracciones que indica la Tabla 500 — 1.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

Tabla 500 — 1. Granulometrías para el agregado grueso en losas 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
INVÍAS		**ASTM C33**	2 ½ Pulgadas	2 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	3/4 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 8
			Pasa tamiz (%)								
AG-1	Fracción 1: 2 pulgadas a 1 pulgada	3	100	90 — 100	35 — 70	0 — 15	-	0 — 5	-	-	-
	Fracción 2: 1 pulgada a nro.4	57	-	-	100	95 — 100	-	25 — 60	-	0 — 10	0 — 5
AG-2	Fracción 1: 1 ½ pulgadas a ¾ pulgada	4	-	100	90 — 100	20 — 55	0 — 15	-	0 — 5	-	-
	Fracción 2: ¾ pulgada a nro. 4	67	-	-	-	100	90 — 100	-	20 — 55	0 — 10	0 — 5
AG-3	1 pulgada a nro. 4	57	-	-	100	95 — 100	-	25 — 60	-	0 — 10	0 — 5
AG-4	2 pulgadas a nro. 4	357	100	95 — 100	-	35 — 70	-	10 — 30	-	0 — 5	-
AG-5	1 ½ pulgadas a nro. 4	467	-	100	95 — 100	-	35 — 70	-	10 — 30	0 — 5	-
AG-6	1 pulgada a ½ pulgada	5	-	-	100	90 — 100	20 — 55	0 — 10	0 — 5	-	-
AG-7	1 pulgada a 3/8 pulgada	56	-	-	100	90 — 100	40 — 85	10 — 40	0 — 15	0 — 5	-
AG-8	¾ pulgada a 3/8 pulgada	6	-	-	-	100	90 — 100	20 — 55	0 — 15	0 — 5	-

El tamaño máximo nominal del agregado no debe superar un tercio (1/3) del espesor de diseño de la capa de rodadura. El agregado grueso debe cumplir, además, los requisitos de calidad señalados en la Tabla 500 — 2.

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 — 2 para dureza, durabilidad y contenido de sulfatos deben ser

satisfactorios de manera independiente por cada uno de ellos. La limpieza y las propiedades geométricas se miden sobre muestras del agregado combinado en las proporciones definidas en la fórmula de trabajo.

La curva granulométrica obtenida al mezclar los agregados grueso y fino en el diseño y construcción del concreto debe ser continua y asemejarse a las teóricas obtenidas al aplicar las fórmulas de Fuller o Bolomey, o por cualquier otro método validado por alguna institución técnica nacional o internacional, y aprobado por el interventor.

En caso de no cumplir los requisitos propuestos por algunas de las metodologías de dosificación, se pueden realizar optimizaciones granulométricas con base en métodos de empaquetamiento granular. El constructor debe revisar la propuesta con aprobación del interventor, mediante la elaboración de mezclas de prueba, con el fin de comprobar que las características proporcionadas en el diseño cumplan los requisitos del concreto, tanto en estado fresco como en estado endurecido para el proyecto en particular.

Se pueden considerar otros métodos para la dosificación del concreto, además de los basados en el contenido de cemento, ya que estos no son los únicos usados. Además de esto, en caso de no cumplir los requisitos de esas metodologías, se acepta la optimización granulométrica, por medio de métodos de empaquetamiento granular. Sin embargo, estos deben ser verificados y aprobados, para garantizar la calidad requerida.

Tabla 500 — 2. Requisitos del agregado grueso para losas de concreto hidráulico

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de Los Ángeles, 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	 12 18
Limpieza (F)		
Terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%).	E-211	3
Partículas livianas, máximo (%).	E-221	0,5

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Geometría de las partículas (F)		
Partículas fracturadas mecánicamente (una cara), mínimo (%).	E-227	60
Índice de alargamiento, máximo (%).	E-230	25
Índice de aplanamiento, máximo (%).	E-230	25
Características químicas (O)		
Proporción de sulfatos del material combinado, expresado como $SO_4^=$, máximo (%).	E-233	1,0

500.2.1.4 Agua

Rige lo establecido en el numeral 630.2.1.4 del artículo 630.

500.2.1.5 Aditivos y adiciones complementarias

Rige lo establecido en el numeral 630.2.1.5 del artículo 630.

500.2.2 Aceros utilizados en losas de concreto hidráulico

En los documentos del proyecto se debe indicar el acero necesario para la construcción de la capa de rodadura, bien sea para los elementos de amarre o transferencia en las juntas o como refuerzo de las losas, cuando sea especificado. Las barras de acero, cuando estas se requieran según el proyecto, deben cumplir la NTC 161 (ASTM A615).

Si la losa de concreto tiene presencia de acero, se deben tomar todas las medidas necesarias para evitar la corrosión, tales como (i) limitar el contenido total de cloruros en la mezcla de concreto, según las tablas de tipo de exposición y requisitos dados en el numeral 630.2.6.1 del artículo 630; (ii) en vez de acero (barras, mallas, fibras) utilizar otros materiales que no sean afectados por los cloruros, entre otras medidas.

500.2.2.1 Sistemas de transferencia

Cuando sea especificado, en las juntas transversales que muestren los documentos del proyecto, se deben colocar pasadores como mecanismo para garantizar la transferencia efectiva de carga entre las losas adyacentes.

Cualquier sistema de transferencia de carga con dovelas utilizado en las losas de concreto debe tener la suficiente resistencia a la corrosión para soportar el ambiente en el que se utilice durante la vida útil prevista de la estructura del pavimento. Por esta razón, las barras de transferencia deben llevar una película de anticorrosivo (base del tipo epoxi-zinc o equivalente avalada por el interventor) en la totalidad de la dovela, de acuerdo con la especificación AASHTO M 254. No es necesario cubrir los extremos de los tacos. Las barras deben tener las siguientes características:

- Acero redondo y liso.
- Con límite de fluencia (*fy*) mínimo de cuatrocientos veinte megapascales (420 MPa).
- Ambos extremos de los pasadores deben ser lisos y estar libres de rebabas cortantes, o de cualquier imperfección o deformación

que restrinja su deslizamiento libre dentro del concreto.

Existen aplicaciones especiales de barras de transferencia que requieren otros aditamentos, como por ejemplo las juntas de expansión o aislamiento con transferencia de carga, los cuales requieren la utilización de elementos especiales como cápsulas en sus extremos u otros accesorios.

Se pueden utilizar, además, otros sistemas para la transferencia de carga como las dovelas diamantadas, compuestos de Fibras de Refuerzo con Polímeros (FRP) u otro sistema que cumpla el diseño del proyecto, y con el manual técnico de su proveedor certificado para su instalación. En cualquier caso, el sistema de transferencia seleccionado debe ser verificado antes de su instalación y aprobado por el interventor.

Cuando se escojan las barras de acero como sistema de transferencia de carga, el constructor debe proporcionar todas las memorias de cálculo donde se contemplen diámetro, longitud, resistencia, separación entre estas, empotramiento mínimo en cada losa y la separación entre la primera barra y la junta longitudinal adyacente.

500.2.2.1.1 Ubicación de las barras de transferencia

Los elementos de las juntas de las losas de concreto hidráulico se deben colocar, de acuerdo con los documentos del proyecto.

Los pasadores se colocan 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 documentos del proyecto. Se debe dejar una referencia precisa que defina dicha posición a la hora de completar la junta.

Durante la colocación del concreto, se debe asegurar y verificar que la máxima desviación, tanto en planta como en elevación, de la posición del eje de un pasador respecto de la teórica no sea superior de diez milímetros (10 mm), de igual manera, la desviación angular respecto a la dirección teórica del eje de cada pasador, medida por la posición de sus extremos, no debe ser mayor de diez milímetros (10 mm) si se insertan por vibración o si se colocan previamente al mismo.

Salvo que los pasadores se introduzcan por vibración en las losas mediante máquinas adecuadas para ello, se deben disponer, con anterioridad al vertido del concreto, sobre canastas de varillas metálicas suficientemente estables y con uniones soldadas que se fijen a la base de un modo firme. El desplazamiento del extremo del pasador no debe ser superior a cero como cinco por ciento (0,5 %) de su longitud.

500.2.2.1.2 Alineación de las barras de transferencia

Antes de la colocación del concreto, las barras de transferencia deben estar alineadas entre sí y deben ser paralelas a la junta longitudinal. Una vez endurecido el concreto, la alineación de estas se debe verificar, mediante ensayos no destructivos tales como escáneres o radares.

Si se advierten desviaciones superiores a las consideradas aceptables anteriormente mencionadas, el constructor debe realizar, a sus

expensas, los trabajos de corrección de las varillas desviadas, por medio de la implementación de un diseño de reparación para lograr lo que se establece en los documentos del proyecto. Se debe demostrar que cada barra cumpla las tolerancias anteriormente dichas, y su aceptación debe ser aprobada por el interventor.

500.2.2.1.3 Condiciones de colocación

500.2.2.1.3.1 Colocación de antiadherentes

Para prevenir la adherencia de las barras de transferencia con el concreto y permitir su libre movimiento, estas deben estar ligeramente lubricadas con un antiadherente aprobado por el interventor en la totalidad de su longitud inmediatamente antes de su instalación y previa aprobación del interventor. Así mismo, se debe garantizar que no haya exceso de material antiadherente que pueda generar vacíos alrededor de la dovela, comprometiendo la eficiente transferencia de la carga. No se permite solo el engrase de la mitad o un porcentaje de la barra.

500.2.2.1.3.2 Sistemas automáticos y manuales de colocación de barras de amarre

Se pueden emplear insertadores automáticos de barras pasajuntas (DBI), los cuales van incorporados a la pavimentadora, y se encargan de alimentar, depositar e insertar las barras de transferencia de carga en las juntas transversales. Estos deben ser programados para que la ubicación de las barras pasajuntas concuerden con las establecidas en los documentos del proyecto. O se pueden colocar manualmente, de acuerdo con las especificaciones del proyecto, cumpliendo las ubicaciones y las cotas establecidas en los documentos del proyecto.

500.2.2.2 Barras de amarre

En las juntas que muestren los documentos del proyecto y/o en los sitios en que indique el interventor, se deben colocar barras de amarre, con el propósito de evitar el desplazamiento de las losas y la abertura de las juntas.

En general, las barras de amarre no deben ser dobladas y enderezadas. Sin embargo, si por razones constructivas es absolutamente indispensable doblarlas y enderezarlas con expresa autorización del interventor, se debe utilizar un acero con límite de fluencia (*fy*) de doscientos ochenta megapascales (280 MPa). En este caso, el constructor debe rediseñar el sistema de barras de amarre para acomodarlo a la nueva resistencia y ductilidad, rediseño que debe ser verificado y aprobado por el interventor.

500.2.2.2.1 Características de las barras de amarre

Las barras deben ser corrugadas, con límite de fluencia (*fy*) de cuatrocientos veinte megapascales (420 MPa).

500.2.2.2.2 Ubicación de las barras de amarre

Cuando el proyecto contemple la colocación de barras de amarre, estas se deben instalar en forma perpendicular a la junta longitudinal, con la separación mostrada en los documentos del proyecto. Deben quedar aproximadamente a la mitad del espesor de la losa y en forma paralela a la superficie del pavimento, con una mitad a cada lado de la junta.

500.2.2.2.3 Sistemas de colocación de barras de amarre

500.2.2.2.3.1 Manual

Cuando la pavimentación se realice entre formaletas fijas, las varillas se insertan manualmente dentro de estas, 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 introducen manualmente en la mitad del espesor de las losas en estado fresco, a las separaciones previstas en los documentos del proyecto.

Si las barras de amarre se colocan en losas endurecidas, se deben efectuar 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 insertan manualmente y se anclan con la resina polimérica mencionada en el numeral 630.2.5 del artículo 630.

500.2.2.2.3.2 Canastas

Las canastas usadas para los pasadores deben cumplir lo establecido en el ACI 302, en cuanto a material, dimensiones, ubicación y engrase, todo lo cual debe ser 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 requiere la colocación de, al menos, una parrilla de refuerzo en las losas que tengan las siguientes características:

- Longitud de la losa (paralela al sentido del tránsito) superior a cinco coma cinco (5,5) veces el radio relativo de rigidez (relación entre la rigidez de la losa y la rigidez del soporte).
- Losas con relación largo/ancho mayor que uno coma veinticinco (1,25).
- 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 losas adyacentes.
- Losas en los aproches con los puentes.

El acero de refuerzo de las losas debe estar constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (*fy*) de cuatrocientos veinte megapascales (420 MPa). Todos los detalles del refuerzo, como cuantía, distribución, localización, etc., deben quedar claramente definidos en los documentos del proyecto.

Para el refuerzo secundario se puede calcular la dosificación de macro fibras sintéticas estructurales, que cumplan la norma ASTM C1116, para el tipo III (*Syntetic Fiber-Reinforced Concrete o Shotcrete*), las cuales proveen el mismo nivel de resistencia posagrietamiento residual que un acero de refuerzo. Para contracción, los esfuerzos de tensión de acero (*fst*), deben ser calculados. Empleando factores de conversión se debe llevar este esfuerzo a flexión. Si el diseño ha sido desarrollado y el acero de refuerzo es conocido, el área de

acero (*As*) puede ser usada directamente para calcular los esfuerzos de tensión en el acero. Para esfuerzos por temperatura, el esfuerzo de flexión puede ser calculado basado en el espesor y el gradiente de temperatura, así como las propiedades del concreto. Se requieren datos del ensayo bajo la norma ASTM C1609, para determinar la dosis requerida de fibra sintética estructural que pueda proveer la misma capacidad de momento posagrietamiento que el original acero de refuerzo. Se debe presentar el diseño y para su implementación, el interventor debe aprobarlo.

500.2.2.3.1 Condiciones del refuerzo de las losas de concreto

En las losas de concreto de tipo armado con juntas, las armaduras, se deben disponer en los sitios y con la forma establecidos en los documentos del proyecto, sujetándolas, de ser preciso, para impedir cualquier movimiento durante la colocación del concreto. Se prohíbe cualquier tipo de carga externa sobre las mallas, y se deben encontrar libres de suciedad, óxido no adherente, aceite, grasa y otros materiales que pueden afectar la adherencia del acero con el concreto. Se pueden usar fibras de acero como mecanismo de refuerzo. Esto se debe especificar en el diseño y se debe cumplir con la norma ASTM A820.

Si la unión de las varillas no se hace mediante soldadura a tope, las varillas longitudinales se deben traslapar en dos (2) mallas y las transversales en una (1). Al lado de cada junta, las armaduras se interrumpen 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 no se deben suministrar en rollos.

Las varillas transversales van encima de las longitudinales y el recubrimiento de estas, cuando se trate de la armadura superior, se debe encontrar entre sesenta y ochenta milímetros (60 mm — 80 mm).

500.2.3 Productos para el curado del concreto

Rige lo establecido en el numeral 630.2.3 del artículo 630.

500.2.4 Materiales de separación

En caso de que los documentos del proyecto lo dispongan, se emplean elementos 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, o barreras de vapor para impedir la migración de vapor de agua o fluidos que puedan ser perjudiciales al concreto o al acero.

La implementación de estos elementos de separación 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.

Los materiales pueden ser:

- Plásticos
- Membranas
- Antiadherentes
- Emulsiones

- Mezclas asfálticas
- Papel
- Barreras de vapor
- Cualquier otro material que cumpla la finalidad de separar la losa de concreto de la superficie de apoyo

Sea cual sea el material escogido, este debe ser aprobado por el interventor.

500.2.5 Productos para juntas

500.2.5.1 Material de sello

El material de sello puede ser: sellos asfálticos aplicados en caliente, elastómeros (siliconas, poliuretanos o material equivalente), o sellos preformados. En los documentos del proyecto se debe especificar el tipo de material de sello por emplear en las juntas de las losas. Este debe cumplir con las especificaciones de la Tabla 500 — 3.

Tabla 500 — 3. Especificaciones para el material de sello de juntas en losas de concreto hidráulico

Tipo de sello	Especificación
Sellos elastoméricos	ASTM D5893 Tabla 500 — 4 para sellos de poliuretano EN 14188-2
Sellos asfálticos aplicados en caliente	ASTM D6690
Sellos preformados	ASTM D3575

Los sellos de poliuretano para juntas deben cumplir los requisitos establecidos en la EN 14188-2, o los requisitos de desempeño según la Tabla 500 — 4, y su cumplimiento debe ser verificado por el interventor.

Tabla 500 — 4. Requisitos para sellos de poliuretano

Propiedad	Norma de ensayo	Requisito para sellos de poliuretano estándar (Nota 1)	Requisitos para sellos de poliuretano para concreto húmedo o con menos de 28 días de curado (Nota 2)
Contenido de sólidos (%)	-	mín. 98	mín. 98
Gravedad específica	-	mín. 1,30	mín. 1,30
Dureza (Escala durómetro A)	ASTM C661	40 ± 5	40 ± 5
Formación de piel *Skin Time* (horas)	ASTM C679	máx. 2	máx. 2
Adherencia al concreto (kN/m)	ASTM C794	mín. 5,4	mín. 5,4
Adherencia al concreto luego de inmersión (kN/m)	ASTM C794	N/A	mín. 4,9

Propiedad	Norma de ensayo	Requisito para sellos de poliuretano estándar (Nota 1)	Requisitos para sellos de poliuretano para concreto húmedo o con menos de 28 días de curado (Nota 2)
Adherencia al concreto húmedo o verde (kN/m)	ASTM C794	N/A	> 2,6
Envejecimiento acelerado	ASTM C793	Pasa	Pasa
Resistencia a la tensión (kPa)	ASTM D412	mín. 1 720	mín. 1 720
Elongación (%)	ASTM D412	min 600	min 600
Inclinación permitida de aplicación (%)	-	máx. 5	máx. 5
Resistencia al rasgado (kPa)	ASTM D412	mín. 240	mín. 240
Capacidad de movimiento (%). (Nota 3)	ASTM C719	mín. ± 35	mín. ± 35

Nota 1: se deben cumplir estos requisitos cuando el concreto tenga una edad igual o mayor a veintiocho días (28 d) y se encuentre seco.

Nota 2: se deben cumplir estos requisitos cuando el concreto tenga una edad menor a veintiocho días (28 d) o se encuentre húmedo, pero suficientemente seco.

Nota 3: de acuerdo con los requerimientos del proyecto y con base en las directrices del diseñador del pavimento.

Los sellos preformados deben cumplir los requisitos establecidos en la Tabla 500 — 5.

Tabla 500 — 5. Requisitos para sellos preformados

Propiedad	Norma de ensayo	Requisito
Elongación a rotura (%)	ASTM D3575 Sufijo T	mín. 357
Resistencia a la tensión (kPa)	ASTM D3575 Sufijo T	mín. 372
Compresión Set (%)	ASTM D3575 Sufijo B 50 %, ½ hora	mín. 40
Compresión Set (%)	ASTM D3575 Sufijo B 50 %, 24 horas	mín. 13
Resistencia al desgarro (N/mm)	ASTM D3575 Sufijo G	mín. 2,2
Densidad (kg/m^3)	ASTM D3575 Sufijo W	32
Absorción de agua, siete días (7 d)	DIN 53428	1 % en volumen máximo
Dureza Shore	ASTM D2240	00 – 48

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

500.2.5.2 Tirilla o cordón de respaldo

La tirilla de respaldo sirve de soporte para la colocación del material sellado y debe cumplir las siguientes características:

- El cordón de respaldo debe quedar comprimido en la cavidad en el sitio especificado en el diseño.
- Con el fin de mantener el factor de forma del elastómero y evitar su ingreso a la parte inferior de la cavidad, el diámetro del cordón debe ser superior por lo menos en un veinticinco por ciento (25 %) al ancho de la cavidad de sellado.
- El cordón de respaldo debe ser de un material que no se adhiera a las paredes de la cavidad de la junta y que durante la aplicación no se degrade con las temperaturas del material sellante. Este material del cordón debe cumplir la especificación ASTM D5249.

500.2.5.3 Material preformado para juntas de expansión

El material de relleno para juntas de expansión debe ser suministrado en piezas de la altura y el largo requeridos para la junta. Previa autorización del interventor, se pueden utilizar ocasionalmente dos piezas para completar el largo (nunca la altura), caso en el cual los dos extremos que se juntan deben quedar adecuadamente asegurados, para garantizar la conservación de la forma requerida, sin moverse. Los materiales por emplear deben cumplir alguna de las especificaciones ASTM D994 y ASTM D3575, junto con los requerimientos definidos en la Tabla 500 — 6.

Se permite el uso de materiales y nuevas tecnologías avaladas por la ASSHTO tales como espumas de poliuretano de alta densidad, para el sello para juntas de expansión que tengan certificaciones de departamentos de transporte de los Estados Unidos y que cumplan con:

Tabla 500 — 6. Requisitos para espumas de poliuretano de alta densidad para juntas de expansión

Propiedad	Norma de ensayo ASTM	Requisito
Elongación a rotura (%)	D3574	mín. 150
Resistencia a la tensión (MPa)	D3574	mín. 0,124 (18 psi)
Capacidad térmica de movimiento a quinientos (500) ciclos (%)	E1399	+ 60 y - 60

500.2.6 Resina polimérica y material para reparación parcial de pavimentos

Rige lo establecido en el numeral 630.2.5 del artículo 630.

500.2.7 Requisitos de durabilidad y resistencia

El diseño de la mezcla debe cumplir todos los requisitos de durabilidad y resistencia. Para ello, se deben tomar como requisitos límites

los parámetros más conservadores entre los obtenidos por:

- Durabilidad
- Resistencia

500.2.7.1 Durabilidad

Rige lo establecido en el numeral 630.2.6.1 del artículo 630.

500.2.7.2 Resistencia

Se debe proveer la resistencia del concreto solicitada en los documentos y las especificaciones del proyecto. Esta no debe ser menor de veintiocho megapascales (28 MPa), y debe cumplir los especificado en la Tabla 500 — 8.

500.3 Equipo

El constructor debe poner al servicio de los trabajos contratados todo el equipo necesario para manejar los materiales y las mezclas, y para ejecutar todas las partes de la capa de rodadura de concreto hidráulico, conforme se establece en el presente artículo.

Para definir el equipo de construcción de la capa de rodadura, el constructor debe 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 debe considerar, entre otros, los siguientes aspectos:

- Perfil especificado para la vía.
- Ancho de calzada.
- Ancho de vaciado.
- Espesor de las losas de concreto.
- Condiciones del entorno.
- Rendimiento requerido.

Todo el equipo debe ser situado en el lugar 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 debe ajustar a lo dispuesto en la legislación vigente en las materias ambiental, de seguridad, de salud y de transporte, y se debe cumplir además lo establecido en la NSR en lo relacionado con calidad, mezclado y colocación, y con la normativa NTC 3318/ASTM C94.

500.3.1 Equipo para la elaboración de agregados y la producción del concreto

Rige lo establecido en el numeral 630.3.1 y 630.3.2 del artículo 630.

500.3.2 Equipo para el transporte del concreto al sitio de las obras

Rige lo establecido en el numeral 630.3.3 del artículo 630.

500.3.3 Equipos para la colocación del concreto

La mezcla de concreto se debe extender y consolidar por los medios apropiados para garantizar la homogeneidad de la mezcla colocada, al tiempo que se evita la segregación y la aparición de vacíos, se alcanza el espesor y la densidad adecuados, así como el

contenido de aire especificado. La colocación se puede realizar mediante extendido entre formaletas fijas, con equipos de formaletas deslizantes o equipos láser.

El constructor debe proponer los equipos de colocación del concreto adecuados para las diferentes situaciones, teniendo en cuenta las características del proyecto, el tipo de concreto, las condiciones logísticas del tramo a colocar, etc. Estos sistemas de colocación deben ser aprobados por el interventor.

En ningún caso se permite el extendido y la nivelación manual del concreto mediante el uso de regla, codal o boquillera.

Tabla 500 — 7. Equipos mínimos propuestos para la colocación del concreto

Tipo de tránsito	Equipos
NT1	Formaleta fija: la formaleta fija debe ser de un material capaz de soportar el empuje del concreto y el peso del equipo usado durante las operaciones de pavimentación sin deformarse ni pandearse.
	Flota motorizada de magnesio o de aleación equivalente.
	Regla vibratoria tipo cercha.
	Rodillo extendedor sencillo. Se debe garantizar que el diámetro del rodillo sea proporcional al ancho del carril para evitar el pandeo (flecha o catenaria).
	Rodillo extendedor de tres tubos con o sin juego de vibradores.
	En el caso de no contar con juego de vibradores externos o adosados al equipo, se debe garantizar la cantidad suficiente de vibradores manuales externos para asegurar la adecuada vibración del tramo a pavimentar.
NT2	Formaleta fija: la formaleta fija debe ser de un material capaz de soportar el empuje del concreto y el peso del equipo usado durante las operaciones de pavimentación, sin deformarse ni pandearse.
	Cercha con rodillo transversal que circula sobre rieles.
	Rodillo extendedor de tres tubos con o sin juego de vibradores.
	En el caso de no contar con juego de vibradores externos o adosados al equipo, se debe garantizar la cantidad suficiente de vibradores manuales externos para asegurar la adecuada vibración del tramo a pavimentar.
NT3	Pavimentadora de formaleta o cimbra deslizante. - Con o sin sistema de instalación de dovelas de transferencia de carga (*Dowel Bar Insert* – DBI), como alternativa a la instalación manual de canastillas de transferencia de carga. - Con o sin sistema de instalación de barras de amarre. - Con o sin sistema de frotado automático (fratasado automático).
	Regla vibratoria o rodillo extendedor de tres tubos con o sin juegos de vibradores cuando la construcción deba ser complementada en áreas pequeñas.
	Cercha con rodillo transversal que circula sobre rieles (en tramos planos).
	Texturizador automático como alternativa al texturizador manual.
	Equipo de aplicación de membrana de curado automático como alternativa a los aspersores motorizados.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

Tipo de tránsito	Equipos
NT1, NT2 y NT3	Kit de pavimentación (para NT1, NT2 y NT3): - Enrasador o regla articulada de chequeo con rótula y extensiones suficientes para abarcar el ancho de pavimentación. La sección mínima de este elemento es de diez centímetros (10 cm) por cinco centímetros (5 cm) (4 pulgadas por 2 pulgadas), longitud o ancho mínimo de tres metros (3 m). *Super flat pavers straigthedges* o *bump cutter*. - Flotador o flota de magnesio o de material equivalente, longitud o ancho mínimo 3 m, con rótula y extensiones suficientes para abarcar el ancho de pavimentación. - Tela o costal de microtexturizado de fique, yute o material equivalente. Debe ser de una sola pieza continua sin costuras intermedias para abarcar el ancho de pavimentación. Se debe pasar húmedo y limpiar periódicamente durante el proceso. - Cepillo o peine de macrotexturizado (con extensiones suficientes para abarcar el ancho de pavimentación). La separación de los dientes puede ser continua o discontinua y la aplicación del macrotexturizado puede ser transversal o longitudinal dependiendo de las especificaciones del diseñador. - Aspersores motorizados para la aplicación del retardante de evaporación. - Aspersores motorizados para la aplicación de la membrana de curado. - Cortadora manual o autopropulsada con disco diamantado y refrigeración por agua. - Hidrolavadora para garantizar que en término de 3 horas después de realizado el corte inicial, la masilla generada por el corte sea retirada de la caja de corte. - Soplador o compresor para la limpieza de la caja de corte, previo a la aplicación de la tirilla de respaldo o soporte del elastómero del sello. - Aplicador para garantizar la profundidad de la tirilla de respaldo del sello. - Aplicador del elastómero (poliuretano o silicona).

El constructor debe garantizar la calibración periódica de los equipos, de acuerdo con el plan de mantenimiento y la calibración de estos, fijado en el plan de calidad del proyecto. Las calibraciones deben ser realizadas por laboratorios de calibración que cuenten con la acreditación por parte del Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC) para la unidad de medida por verificar, garantizando que las mediciones realizadas por la empresa sean trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI).

Estos equipos deben ser probados y aprobados en el tramo de prueba especificado en el numeral 500.4.5.

500.4 Ejecución de los trabajos

500.4.1 Consideraciones constructivas con relación al diseño de la capa de rodadura

El alcance de los diseños de la capa de rodadura de concreto hidráulico debe incluir los siguientes elementos, los cuales también deben ser verificados por el constructor, y aprobados por el interventor para poder iniciar la construcción de las losas de concreto:

- Método de diseño utilizado
  - Memoria de diseño
    - Criterios utilizados
    - Variables
    - Cálculos

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

- Tolerancias de los elementos terminados
  - Espesores
  - Dimensiones de las losas de acuerdo con los documentos del proyecto
  - Dimensiones de las cavidades
  - Ubicación de elementos de transferencia y amarre
  - Otras tolerancias

- Espesores de las capas del pavimento
  - Espesores de las capas de base o de estructuras existentes
  - Espesores de las losas de concreto

- Sistema de transferencia
  - Tipo y características del sistema de transferencia
    - Barras (acero, barras de polímero reforzado con fibras, otros materiales)
    - Dovelas diamantadas
    - Platinas
  - Resistencia de los elementos de transferencia
  - Calidad de los extremos de corte de las barras
    - Sin rebabas
    - Corte liso
  - Dimensiones
    - Barras (diámetro de las barras, longitud de las barras, separación entre barras, separación entre junta y primera barra)
    - Dovelas y platinas (espesor, dimensiones, separación entre dovela o platina, separación entre junta y primera dovela, elementos necesarios para la colocación y funcionamiento)
  - Ubicación en las losas
  - Sistema de antiadherencia y consideraciones para el uso
  - Longitud de engrase de la barra
  - Consideraciones para la colocación
    - Uso de canastas
    - Uso de sistemas automáticos de inserción
  - Sistemas especiales de transferencia
    - Uso de cápsulas y soportes

- Sistema de amarre
  - Tipo y características del sistema de amarre
    - Barras (acero, poliméricas, fibras de vidrio u otro material)
  - Resistencia de los elementos de amarre
  - Dimensiones
    - Diámetro de las barras
    - Longitud de las barras
    - Separación entre barras
    - Separación entre junta y primera barra
  - Ubicación en las losas
  - Consideraciones para la colocación
    - Inserción manual
    - Uso de canastas
    - Uso de sistemas automáticos de inserción

- Producción del concreto
  - Resistencia a la flexión
  - Resistencia a la compresión
  - Consideraciones
    - Módulo de elasticidad
    - Peso unitario
    - Requisitos de durabilidad
    - Valor máximo de contracción del concreto
    - Relaciones agua/material cementante
  - Diseños de mezclas
    - Consideraciones para el uso de cada diseño de mezcla
    - Consideraciones especiales para ajustes del diseño de mezcla
  - Ensayos que se deben realizar al concreto
    - En estado fresco (asentamiento, temperatura, peso unitario)
    - En estado endurecido (resistencia a la flexión, resistencia a la compresión,

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

durabilidad, variaciones dimensionales, contracción durante el fraguado, contracción por secado de la mezcla endurecida)
  - Rangos de temperatura aceptables y consideraciones en caso de temperaturas por fuera del rango

- Transporte del concreto
  - Tipos de transportes y consideraciones para la selección
  - Características de cada sistema de transporte
  - Limitaciones

- Descarga del concreto
  - Distancia máxima de caída libre del concreto
  - Consideraciones en caso de distancias mayores

- Colocación
  - Consideraciones para la colocación del concreto
  - Secuencia recomendada de colocación
  - Consideraciones para la selección del equipo de colocación
    - Asentamientos asociados a cada diseño de mezcla de acuerdo con el sistema de colocación

- Acabado superficial
  - Procedimientos establecidos para el acabado superficial
    - Chequeo superficial (condiciones para el chequeo, equipos a utilizar, tolerancias)
    - Flotado superficial (sentido y secuencia de flotado, momento de flotado)
    - Microtextura (material a utilizar, sentido de paso del equipo, momento del paso del equipo)
    - Rebordeo de juntas longitudinales (consideraciones para el rebordeo)
    - Macrotextura
      - Tipo de cepillado a utilizar (material de las cerdas, ancho de la cerda, profundidad de cepillado)
      - Momento del cepillado

- Protección y curado del concreto
  - Sistemas de protección
    - Cubiertas
    - Barreras
    - Sistemas de curado (riegos de agua, membranas de curado, materiales absorbentes, plásticos, retardantes de evaporación)
  - Tiempos y características de protección
    - Previa (cubiertas, barreras, cambios en diseños de mezclas)
    - Durante (retardantes de evaporación)
    - Después (curado de zonas en el retiro de formaletas)

- Tipos de juntas
  - Ubicación y detalle de las juntas de contracción
  - Ubicación y detalle de las juntas de expansión
  - Detalle de las juntas de construcción y situaciones en que se deben utilizar

- Modulación de las losas
  - Criterios utilizados para la modulación
    - Longitud máxima
    - Radio relativo de rigidez
    - Factor de esbeltez
    - Indicación de losas regulares e irregulares
    - Condiciones para el refuerzo de losas
    - Situaciones especiales
  - Planos con ubicación, detalles de la distribución y tipos de juntas

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

- Corte de juntas
  - Diseño de la sección de la cavidad
    - Ancho de cortes
    - Profundidades de corte
  - Plano con la secuencia de corte de juntas

- Sello de juntas
  - Materiales por utilizar
  - Factores de forma

- Apertura al tránsito
  - Criterios de apertura
  - Tipo de tránsito considerado para la apertura
  - Consideraciones
    - Tiempo
    - Resistencia del concreto
    - Elementos asociados a la estructura del pavimento

500.4.2 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el artículo 105, Desarrollo de los trabajos, en lo referente a la explotación y el procesamiento de materiales.

500.4.3 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

La dosificación del concreto determina las proporciones en que se deben combinar los diferentes materiales componentes como son: agregados, material cementante, adiciones suplementarias, agua, aditivos y eventualmente adiciones complementarias, de tal modo que se obtenga un concreto que cumpla con la resistencia, el asentamiento, la manejabilidad, la durabilidad y demás exigencias requeridas por las especificaciones particulares del proyecto y las presentes especificaciones.

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el constructor debe suministrar al interventor, para su verificación, muestras representativas de los agregados, material cementante, adiciones suplementarias y complementarias, agua y aditivos, 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 debe diseñar la mezcla mediante un método validado por alguna institución técnica nacional o internacional, y definir una fórmula de trabajo, la cual debe someter a consideración del interventor.

Dicha fórmula debe señalar:

- El tipo de material cementante.
- 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 agregados, material cementante, adiciones, agua y aditivos, se deben hacer en peso por volumen unitario de concreto (usualmente un metro cúbico (1 m^3) de concreto, o fracción de este). La cantidad de agua y los aditivos líquidos se puede dar por peso o por volumen. Para todo efecto se deben seguir los lineamientos de la NTC 3318.
- Módulo de finura del agregado fino.
- El contenido de aire (si se ha especificado).

- La resistencia a compresión de la mezcla a veintiocho días (28 d) de curado, y las edades adicionales que se especifiquen en el concreto a usar. Se mide según la norma INV E-410/NTC 673.
- Módulo de rotura de la mezcla a veintiocho días (28 d) de curado, y las edades adicionales que se especifiquen para el concreto a usar. Se mide según la norma INV E-414/NTC 2871.
- La consistencia se debe medir mediante el asentamiento INV E-404 o NTC 396. Cuando se requiera, se puede medir según el ensayo de flujo libre, norma NTC 5222 (aplicable para mezclas de más de 230 mm). Se pueden utilizar medios electrónicos para medir la consistencia del concreto siempre que se realicen correlaciones con los ensayos INV E-404/NTC 396 o NTC 5222, la que sea aplicable, y debe ser aprobado por el interventor. El constructor debe determinar la consistencia de cada concreto, teniendo en cuenta las condiciones específicas del proyecto (sistema de colocación, condiciones ambientales, tipo de estructura, materiales componentes, entre otras) y este debe ser aprobado por el interventor.

La fórmula de trabajo se debe reconsiderar cada vez que varíe alguno de los parámetros anteriormente mencionados de los siguientes factores:

- El tipo o clase del material cementante.
- 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 colocación del concreto.
- La procedencia del agua.
- Las tolerancias granulométricas indicadas en la Tabla 500 — 10.

En caso de variar cualquier otro parámetro, el interventor puede exigir la modificación de la fórmula de trabajo para que esta se ajuste a la variación de los parámetros realizada.

El constructor debe considerar que el concreto sea dosificado y elaborado para asegurar su resistencia promedio suficientemente superior a la especificada en los documentos del proyecto, de manera que se minimice la frecuencia de los resultados de pruebas por debajo del valor especificado. Para esto se deben cumplir los lineamientos de calidad, mezclado y colocación de la NSR. Con este fin, el constructor debe tener en cuenta que la magnitud en que el promedio de resistencia de la mezcla deba exceder la especificada en el diseño depende 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 mezclas de prueba en el laboratorio para el diseño de la mezcla, las muestras para los ensayos de resistencia deben ser elaboradas y curadas de acuerdo con la norma INV E-402/NTC 1377 y ensayadas, según la norma de ensayo INV E-410/NTC 673 e INV E-414/NTC 2871. Se deben elaborar curvas que muestren la variación de la resistencia a veintiocho días (28 d) (o a la edad definida para el concreto usado) en función de la relación agua/material cementante (a/mc) y del contenido de material cementante.

Estas curvas se deben basar en no menos de tres (3) puntos y preferiblemente cinco (5), que representen mezclas de prueba que den lugar a resistencias por encima y por debajo de la requerida. Cada punto debe representar el promedio de, por lo menos, dos (2) cilindros estandarizados de ciento cincuenta milímetros (150 mm) de diámetro por trecientos milímetros (300 mm) de altura o dos (2) vigas estandarizadas de ciento cincuenta milímetros (150 mm) de ancho por ciento cincuenta milímetros (150 mm) de alto y quinientos milímetros (500 mm) de longitud, ensayados a veintiocho días (28 d) (o a la edad definida para el concreto usado).

Los valores de la relación a/mc máxima y del contenido mínimo de material cementante admisibles por resistencia para el concreto a ser empleado en las losas de concreto, son los que permitan obtener una resistencia promedio por encima de la de diseño.

En todos los casos, la relación a/mc y el contenido de material cementante deben cumplir los valores máximo y mínimo, respectivamente, permitidos por las consideraciones de durabilidad correspondientes al concreto a usar definida en los documentos del proyecto. Cuando el diseño se realice por prescripción, este debe cumplir los requerimientos establecidos en el artículo 630. Si se realiza por desempeño, tanto la relación a/mc como el contenido de material cementante no deben ser diferentes a los obtenidos en la mezcla de prueba, la cual debe cumplir los parámetros de diseño por desempeño.

El interventor debe aprobar el diseño de mezcla propuesto. Sin embargo, esto 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 todos los requisitos de las especificaciones y de los documentos del proyecto. La aceptación de las obras para fines de pago depende de su correcta ejecución, de la obtención de la resistencia mínima especificada para el concreto, resistencia que debe ser comprobada con base en los ensayos realizados a las mezclas realmente incorporadas en tales obras, de los requisitos de durabilidad aplicables y demás parámetros definidos en el proyecto.

No se permite ningún cambio al diseño de la mezcla sin autorización del interventor.

En la Tabla 500 — 8 se presentan los requisitos mínimos que deben cumplir las mezclas de concreto para una capa de rodadura de concreto hidráulico.

Tabla 500 — 8. Criterios de diseño para la mezcla de concreto en pavimentos de concreto hidráulico

Característica	Norma de ensayo	Requisito
Módulo de rotura a veintiocho días (28 d), mínimo (MPa):		
- Tránsito NT1	INV E-414/NTC 2871	3,8
- Tránsito NT2		4,0
- Tránsito NT3		4,2
(Nota)		

Característica	Norma de ensayo	Requisito
Asentamiento (mm):		
- Formaleta deslizante		0
- Flota motorizada		75 ± 25
- Regla vibratoria	INV E-404/NTC 396	75 ± 25
- Rodillo vibratorio		75 — 100
- Cimbra de rodillo		100 — 125
- *Fast track*		175 ± 25

Nota: si el proyecto especifica el uso de concretos de fraguado rápido, los documentos deben definir la edad a la cual se debe alcanzar la resistencia de diseño.

Para cada dosificación ensayada, se controla el asentamiento bajo la norma INV E-404/NTC 396, el módulo de rotura bajo la norma INV E-414/NTC 2871 y resistencia a la compresión bajo la norma INV E-410/NTC 673 a las edades establecidas por el diseñador y, cuando se exija, el contenido de aire incluido bajo la norma INV E-406/NTC 1032.

Los ensayos de resistencia se deben llevar a cabo sobre probetas procedentes de cuatro (4) amasadas diferentes de concreto, elaborando series de seis (6) probetas por amasada. De cada serie se ensayan dos (2) probetas a siete días (7 d), dos (2) a veintiocho días (28 d) y dos (2) destinadas como testigos (o las edades definidas para control, resistencia de diseño y verificación de resistencia residual), obteniéndose los valores promedio de cada grupo de resultados. Se considera como fórmula de trabajo la mezcla cuyo valor promedio obtenido a veintiocho días (28 d), o la edad de diseño definida para el concreto usado, supere la resistencia especificada 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 debe tener en cuenta que la magnitud en que el promedio de resistencia a la compresión de la mezcla deba exceder la resistencia especificada de diseño depende 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.

Es obligatoria la realización de ensayos de módulo de elasticidad estáticos a los veintiocho días (28 d), para la mezcla diseñada, según la norma de ensayo INV E-424/NTC 4025. Los documentos del proyecto pueden establecer requisitos mínimos para el módulo de elasticidad del concreto, caso en el cual la mezcla debe ser diseñada para cumplir también con dicho requisito.

El constructor debe remitir al interventor el diseño completo de la mezcla, donde se muestren las proporciones y los resultados del módulo de rotura y resistencia a la compresión del concreto a siete días (7 d), veintiocho días (28 d) y los destinados como testigos (o las edades definidas para control, resistencia de diseño y verificación de resistencia residual), así como el módulo de elasticidad y la densidad del concreto endurecido, determinada según la norma de ensayo NTC 5653 (ASTM C642), igualmente la validación de los requisitos de durabilidad. El diseño debe agregar una copia de todos los resultados de

ensayo, incluyendo las fechas de las pruebas, una lista completa de los materiales, donde se indique tipo, fuente y características especificadas, tipo y resultados de las pruebas físicas y químicas sobre agregados, material cementante, adiciones, agua y aditivos. También, debe tener el módulo de finura de la arena y el contenido de aire incluido en la mezcla. La producción industrial de la mezcla no puede comenzar hasta que el interventor apruebe el informe de diseño por escrito.

Los laboratorios en donde se realicen los ensayos necesarios para el desarrollo de la fórmula de trabajo de la mezcla, deben ser empresas legalmente constituidas que cuenten con experiencia y/o trayectoria en ejecución de pruebas y ensayos de control de calidad de materiales, que puedan demostrar apropiadamente la competencia de su personal de laboratorio y cuyos informes de resultados informados contengan la aprobación y autorización para su emisión, mediante la firma del responsable técnico facultado para ello. El laboratorio debe contar con todo el equipamiento principal y auxiliar necesario para el correcto desempeño de sus actividades y asegurar que estos cuenten con la exactitud y la precisión adecuadas para lograr resultados válidos. El laboratorio debe contar con un programa de calibración de sus equipos y se debe asegurar de que los resultados de la medición sean trazables al SI mediante alguna de las siguientes alternativas:

- La calibración de los equipos proporcionados por un laboratorio de metrología acreditado por ONAC.
- La comparación directa o indirecta a patrones nacionales o internacionales que cuenten con unidades del SI.
- Los valores certificados de materiales de referencia (MRC) proporcionados por productores competentes con trazabilidad metrológica establecida al SI.

El constructor es el responsable de garantizar que todos los ensayos necesarios se realicen. Los informes deben ser entregados rutinariamente al interventor, al profesional a cargo del diseño, a los proveedores de material y a la autoridad competente que verifique el cumplimiento de la calidad o que tome acciones correctivas.

Durante el estudio de la fórmula de trabajo, se puede establecer una correlación entre la resistencia a la flexión (INV E-414/NTC 2871) y la resistencia a la compresión (norma INV E-410/NTC 673), con un mínimo de sesenta y cuatro (64) datos, con los materiales del proyecto, la cual debe ser verificada en el tramo de prueba. Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión solo se pueden 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 ($R^2 \geq 0{,}90$).

500.4.4 Almacenamiento de materiales

Los agregados, el material cementante, las adiciones suplementarias, los aditivos y las adiciones complementarias se deben almacenar, de tal forma que se prevenga su deterioro o contaminación. Cualquier material que se haya deteriorado o contaminado no se debe usar para la elaboración del concreto. Para prevenir esta situación, los materiales se deben almacenar de acuerdo con las siguientes indicaciones.

500.4.4.1 Almacenamiento de los agregados pétreos

Rige lo establecido en el numeral 630.4.3.1 del artículo 630.

500.4.4.2 Almacenamiento del material cementante y adiciones suplementarias

Rige lo establecido en el numeral 630.4.3.2 del artículo 630.

500.4.4.3 Almacenamiento de aditivos y adiciones complementarias

Rige lo establecido en el numeral 630.4.3.3 del artículo 630.

500.4.5 Tramo de prueba

Aceptados por el interventor la fórmula de trabajo y el informe con el diseño de la mezcla, se procede a la realización de un tramo de prueba con el mismo equipo, velocidad de colocación del concreto, procedimientos de protección y curado y espesor de las losas del pavimento que se van a utilizar en la obra.

500.4.5.1 Elementos que se deben probar

El tramo sirve 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 de la capa de rodadura; 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.

El tramo de prueba sirve como patrón de verificación de los diferentes aspectos que se deben tener en cuenta y ser controlados en la construcción de las losas, tales como los siguientes:

- Calidad de la mezcla de concreto
- Sistemas de colocación del concreto
- Secuencia y calidad en la colocación del concreto
- Vibrado del concreto
- Tiempos entre actividades
- Chequeo superficial
- Flotado
- Texturizado
- Procedimientos de protección y curado
- Ventana de corte de juntas
- Corte de juntas
- Sistemas de sellado
- Tiempos de apertura al tránsito
- Procedimientos especiales o particulares de construcción

500.4.5.2 Extensión del tramo de prueba

La construcción del tramo de prueba debe ser mínimo de cien metros (100 m) de longitud en dos (2) carriles. Su obligatoriedad para cada uno de los niveles de tránsito (NT1, NT2 y NT3) debe ser establecida en los documentos del proyecto.

En el caso de que los resultados del primer tramo no sean satisfactorios, este se demuele por cuenta del constructor y se construyen cuantos tramos sean necesarios, introduciendo variaciones en los equipos, métodos

de ejecución o, incluso, en la dosificación, hasta obtener una capa de rodadura con las condiciones exigidas. Logrado esto bajo la supervisión y posterior aprobación del interventor, se puede proceder a la construcción de la capa de rodadura contratada.

500.4.5.3 Calidad de la mezcla

Del trabajo satisfactorio se extraen dos (2) núcleos por zona, en cinco (5) zonas diferentes, para determinar en cada una la densidad del concreto endurecido (ASTM C642) y la resistencia a la compresión simple (INV E-410/ NTC 673), para un total de cinco (5) muestras por ensayo. Estos diez (10) testigos se toman conforme lo indica la norma de ensayo INV E-418/NTC 3658, a los veintiséis días (26 d) 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.

La extracción de los testigos sirve, también, para observar la homogeneidad del concreto colocado, como verificación de los procesos de colocación y vibrado. La eventual presencia de hormigueros hace 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, deben ser rellenados, vibrados y curados por el constructor, a la mayor brevedad posible y sin costo para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), con un concreto de igual o mayor resistencia que el extraído.

500.4.5.3.1 Mezclas de concreto

Las mezclas de concreto por utilizar deben cumplir los requisitos descritos en el numeral 500.4.3 y las especificaciones dadas en el proyecto, y se deben producir de acuerdo con lo establecido en la NTC 3318.

500.4.5.3.2 Resistencia del concreto

La resistencia de la mezcla se evalúa en términos de su resistencia a la flexión, siguiendo los lineamientos de la NTC 2871/INV E-414. De manera excepcional, se puede evaluar la resistencia a la compresión según la NTC 673/INV E-410, siempre y cuando se haya construido una correlación entre la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión para cada diseño de mezcla por utilizar. La correlación debe cumplir lo establecido en el numeral 500.4.5.3.2.1.

500.4.5.3.2.1 Correlaciones entre resistencias a flexión y compresión

La correlación se debe construir con al menos cuatro (4) diseños de mezcla diferentes, con mínimo dieciséis (16) datos por mezcla, con el objeto de cubrir un rango suficientemente amplio de valores de módulo de rotura y resistencia a la compresión. Los materiales con los que se construyan los diseños de mezclas para realizar la correlación deben ser los mismos a usar en la obra, además, el diseño de mezcla escogido debe ser alguno de los empleados en dicha correlación.

Las probetas cilíndricas deben ser elaboradas de acuerdo con la NTC 550/INV E-420 y ensayadas cumpliendo la NTC 673/INV E-410 y sus correspondientes muestras a flexión de vigas

elaboradas bajo la NTC 550/INV E-420 y ensayadas cumpliendo la NTC 2871/INV E-414. Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión solo se pueden 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 la flexión ($R^2 \geq 0{,}90$).

500.4.5.3.2.2 Contracción

En caso de que el proyecto así lo especifique, el diseño de mezcla se debe realizar para cumplir el valor de contracción especificado en el proyecto. Este ensayo se debe realizar aplicando la NTC 5640 (ASTM C157), y debe cumplir lo especificado en el proyecto a la edad definida.

500.4.6 Construcción de la capa de rodadura de concreto

500.4.6.1 Preparación de la superficie existente

La mezcla no se debe extender hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los documentos del proyecto. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la especificación de la unidad de obra correspondiente se deben corregir de acuerdo con lo establecido en ella, hasta contar con la aprobación del interventor.

Cuando la superficie existente presente deficiencias en las cotas en relación con las definidas en los documentos del proyecto, la deficiencia se debe completar con material de pavimento de concreto hidráulico. El volumen de concreto colocado para suplir estas deficiencias e imperfecciones no debe ser objeto de pago, si la capa de apoyo fue construida en desarrollo del mismo contrato.

Inmediatamente antes de colocar el concreto, se humedece la superficie de apoyo de la capa de rodadura para prevenir pérdidas rápidas en la humedad de la mezcla, sin que se alcance la saturación o se produzcan charcos en la superficie.

Se prohíbe circular sobre la superficie preparada, salvo las personas y equipos indispensables para la ejecución de las losas de concreto hidráulico.

Los requisitos indicados en este numeral rigen, también, para el tramo de prueba al cual hace referencia el numeral precedente.

500.4.6.1.1 Requisitos para la superficie base

La superficie base sobre la cual se van a fundir las losas de concreto debe cumplir el artículo 330, Base granular, cuando se trate de bases granulares; el artículo 340, Base estabilizada con emulsión asfáltica, cuando se trate de bases estabilizadas con emulsión asfáltica o el artículo 350, Materiales granulares tratados con cemento como capa estructural, cuando la base es tratada con cemento. Se debe garantizar que se cumplen cada uno de los requisitos allí establecidos.

500.4.6.2 Elaboración de la mezcla

Rige lo establecido en el numeral 630.4.6 del artículo 630.

500.4.6.3 Transporte del concreto al sito de las obras

Rige lo establecido en el numeral 630.4.7 del artículo 630.

500.4.6.4 Sistemas de colocación

Se deben tener en cuenta aspectos como perfil del pavimento, ancho de calzada, ancho de fundida, espesor de la capa de rodadura, condiciones de sitio de colocación y condiciones particulares del proyecto para escoger el sistema de colocación. Se puede hacer por medio de las bandas transportadoras con la incorporación de brazos giratorios, permitiendo una colocación bastante homogénea sobre toda la superficie. También pueden usarse camiones basculantes que depositan la mezcla en una sola pasada a lo ancho del pavimento delante de la pavimentadora.

500.4.6.4.1 Secuencia de colocación

La colocación debe empezar a lo largo del perímetro, en un extremo del área de trabajo, descargando cada amasada contra el concreto anteriormente colocado. No se permite verter el concreto en pilas separadas para luego nivelarlo y trabajarlo simultáneamente, ni tampoco se puede colocar el concreto en pilas grandes y moverlo horizontalmente a largas distancias para su posición final. Esto con el objetivo de evitar la segregación de la mezcla. La velocidad de colocación debe ser suficientemente rápida para que el concreto colocado previamente no haya fraguado cuando se coloque el siguiente amasado delante de esta, evitando así la generación de juntas frías en la estructura.

500.4.6.4.2 Tiempos máximos de colocación, vibrado y acabado

El concreto se debe colocar, vibrar y acabar antes de que transcurran noventa minutos (90 min) desde el momento de su mezclado, o lo que se defina en el tramo de prueba. Sin embargo, el interventor puede 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.

500.4.6.5 Esquema de pavimentación

500.4.6.5.1 Colocación con el sistema de formaleta fijas

Cuando la puesta en obra se realice entre formaletas fijas, el concreto se distribuye uniformemente y, una vez extendido, se compacta por vibración y se enrasa con elementos adecuados, de modo de tener una superficie uniforme, lisa y libre de irregularidades, marcas y porosidades. Para este fin, se deben emplear reglas o rodillos vibratorios y, adicionalmente, vibradores de aguja, teniendo especial cuidado en la consolidación de los bordes de la losa.

En las capas de rodadura de tipo armado, el vaciado del concreto se debe hacer en dos (2) capas, vertiendo la segunda encima de la armadura, lo más rápido posible, antes de que comience el fraguado de la primera. El plazo para la puesta en obra de ambas capas no puede exceder de una hora (1 h), salvo que el interventor considere que se presentan condiciones favorables de humedad y temperatura.

500.4.6.5.1.1 Características de las formaletas

Cuando la obra se ejecute entre formaletas fijas, estas pueden constituir por sí mismas el camino de rodadura de las máquinas de construcción de las losas de concreto hidráulico, o tener un carril para atender esa función. Deben presentar rigidez y fijación a la superficie existente, para evitar deformaciones a la hora de la colocación del concreto.

Las caras interiores de las formaletas deben aparecer siempre limpias, sin restos de concreto u otras sustancias adheridas a ellas. Antes de verter el concreto, dichas caras se deben recubrir con un producto antiadherente, cuya composición y dosificación deben contar con la aprobación del interventor.

Se debe 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, debe ser correcto. No se pueden 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 debe observar una flecha superior a tres milímetros (3 mm) bajo una regla de tres metros (3 m) puesta sobre el riel de las formaletas. Es conveniente revisar los niveles de las formaletas, por medio de mediciones topográficas después de colocadas para garantizar un buen perfil longitudinal del pavimento. Toda desviación en exceso se debe corregir inmediatamente.

Antes de colocar el concreto, debe estar disponible una longitud mínima colocada y alineada de formaletas, garantizando avances significativos de fundida continua durante varias jornadas de trabajo.

Cuando la máquina utilice como formaleta un bordillo o una franja de pavimento rígido construido previamente, dicho elemento debe tener una edad de, por lo menos, tres días (3 d).

500.4.6.5.1.2 Equipos de colocación en formaleta fija

Para una correcta extensión y compactación del concreto se pueden usar reglas vibratorias, rodillos vibratorios, manualmente o por cualquier otro sistema; deben pasar sobre el material cuantas veces sea necesario para garantizar un correcto compactado y borrar cualquier imperfección apreciable. Se permite el uso de más de una unidad vibratoria siempre y cuando estas trabajen de manera sincronizada, y para facilitar la operación de compactación se pueden usar vibradores de inmersión con el objetivo de precompactar el concreto colocado en todo el ancho de la losa, teniendo especial cuidado en los bordes cerca de las formaletas.

500.4.6.5.1.2.1 Reglas vibratorias

Estas se desplazan a lo largo de la sección que se va a pavimentar, apoyándose sobre cada uno de los costados de las formaletas. La velocidad de vibrado debe ser tal que permita una adecuada compactación.

500.4.6.5.1.2.2 Rodillos vibratorios

Está compuesto por uno o más rodillos lisos, los cuales giran en la dirección opuesta a su recorrido. Estos se apoyan a los extremos de

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

la formaleta desde donde se desplazan en sentido del tránsito, permitiendo una extensión, compactación y alisado eficiente del concreto. La velocidad de vibrado debe ser tal que permita una adecuada compactación.

500.4.6.5.1.2.3 Método manual

Se pueden emplear mecanismos manuales para realizar la compactación. Una vez enrasado el concreto, este debe ser apisonado con una regla-pisón, la cual se extiende de manera longitudinal y transversal a lo largo de la losa cubriendo toda su superficie, apoyándose siempre sobre las formaletas. La velocidad de vibrado debe ser tal que permita una adecuada compactación. Al finalizar la compactación, la superficie debe presentar la forma y los niveles indicados en los documentos del proyecto.

500.4.6.5.2 Colocación con el sistema de formaletas deslizantes

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 deben realizar de modo suficientemente uniforme, para no desequilibrar el avance de la pavimentadora. Esta precaución se debe extremar al pavimentar en pendientes.

Se debe cuidar 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 fratases de acabado se debe mantener un cordón continuo de mortero fresco, de la menor altura posible.

Este sistema debe contar con dos tipos de vibradores, internos para lograr una consolidación inicial, y externos, para una consolidación final mejorando el acabado. La velocidad escogida de vibrado depende del tamaño de las partículas, la gradación y el diseño de la mezcla, y debe ser tal que permita la eliminación de vacíos consolidando eficientemente la mezcla.

500.4.6.5.2.1 Sistemas de guía

500.4.6.5.2.1.1 Tendido de línea guía

Se debe establecer por medio de topografía la ubicación y las cotas de las barras de soporte de las líneas guías. Estas barras (peniques) deben estar marcadas con elementos de fácil reconocimiento, y clavadas lo suficientemente dentro de la base para garantizar la estabilidad de la línea guía.

El espaciamiento de los piquetes que sostienen el hilo guía no debe ser mayor de diez metros (10 m), distancia que se reduce 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 tienen la cota teórica y el hilo se debe tensar, de manera que la flecha entre dos piquetes consecutivos sea menor de un milímetro (1 mm). Estos hilos, pueden ser de nylon tejido, cuerda de poliestireno, alambre o cualquier otro material liviano y resistente a la tensión sometida, aprobado por el interventor. Una vez localizados los peniques, se debe proceder a la ubicación de los brazos que soportan las líneas guías. Deben ser metálicos y con la forma adecuada para no interrumpir el tránsito de los sensores de la pavimentadora sobre la línea guía. Deben contar con un

mecanismo que les permita ajustar la altura, la distancia respecto a los peniques, y a su vez, fijar la línea guía para evitar el desplazamiento de esta. Los hilos guías deben ser tensionados (distancias menores a doscientos metros (200 m)) antes de insertarlos sobre los brazos de soporte para garantizar un tensionamiento uniforme, y teniendo en cuenta las precauciones necesarias en caso del rompimiento de una de las líneas guías. Si esto ocurre, esta debe ser reemplazada por una nueva.

Donde se vacíe una franja de capa de rodadura junto a otra existente, se puede usar esta como guía de las máquinas. En este caso, debe haber alcanzado una edad mínima de tres días (3 d) y la superficie se debe 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 debe suspender el vaciado, y reanudarlo solamente cuando la franja vecina haya 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 deben mantener limpios y, cuando correspondan a la capa de soporte de las losas, deben estar suficientemente compactados para permitir el paso de ellas sin deformaciones. En este último caso, no deben presentar irregularidades superiores a quince milímetros (15 mm), medidas con una regla de tres metros (3 m).

Independente del sistema de colocación seleccionado (formaletas fijas o deslizantes), el interventor lo debe verificar y aprobar, junto con los mecanismos de vibración del concreto colocado.

500.4.6.6 Descarga del concreto

Antes de vaciar el concreto, la superficie de apoyo debe estar preparada, de acuerdo con lo descrito en el numeral 500.4.6.1. La máxima caída libre de la mezcla desde el vehículo de transporte en el momento de la descarga es de un metro (1,0 m) para evitar segregación, y se debe procurar que ello ocurra lo más cerca posible del lugar definitivo de colocación, con el fin de reducir al mínimo las posteriores manipulaciones.

Cuando el concreto se coloque contra un pavimento existente, la parte del equipo de colocación que repose sobre este debe 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 este.

Donde la calzada tuviera dos (2) o más carriles en el mismo sentido de circulación, se vacían al menos dos (2) carriles al mismo tiempo, salvo que el interventor refiera otras indicaciones.

Se deben disponer pasarelas móviles, con el fin de facilitar la circulación del personal y evitar daños al concreto fresco. Los tajos de vaciado deben 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 debe mantener siempre un volumen suficiente de mezcla delante de la regla vibratoria y se debe continuar 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 hora (1/2 h), se debe proteger 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 debe disponer una junta transversal de construcción, de acuerdo con lo que se indica en el numeral 500.4.6.13.

En vías de dos carriles, el concreto se debe colocar por carriles de ancho constante, separados por juntas longitudinales de construcción. En los casos en que se deba colocar un ancho inferior al de un carril, se debe compactar y enrasar mecánicamente, con la ayuda de los métodos manuales mínimos que resulten necesarios.

El constructor debe ajustar los métodos y los equipos de colocación y compactación siempre que se observe segregación o vacíos en el concreto colocado y compactado.

Si el interventor considera que la compactación es deficiente, se requiere la ejecución de ensayos de verificación de densidad. Estos ensayos de verificación consisten en la toma de núcleos del concreto terminado después de, al menos, cuarenta y ocho horas (48 h) de curado. La densidad se debe determinar en la condición saturada y seca superficialmente, según la norma de ensayo ASTM C642. Los ensayos se toman por lo menos uno (1) cada trescientos cincuenta metros cúbicos (350 m^3) de concreto.

La densidad promedio de los núcleos debe ser comparada con la definida en el tramo de prueba y no puede ser menor de noventa y siete por ciento (97 %); así mismo, ningún núcleo debe tener una densidad menor de noventa y seis por ciento (96 %). Si estas condiciones no se cumplen, se considera que la vibración es inadecuada y se debe mejorar, de manera que los requisitos anteriormente establecidos se logren en las posteriores verificaciones.

500.4.6.7 Recubrimiento de refuerzo

En caso de contemplar refuerzo en alguna de las losas, el recubrimiento debe cumplir lo establecido en el diseño de la losa de concreto, pero en ningún caso deben estar por debajo de los mínimos establecidos en la NSR (requisitos de recubrimiento del refuerzo convencional y de tendones de preesfuerzo no adheridos). La tolerancia del recubrimiento debe estar, de igual manera, de acuerdo con la NSR.

500.4.6.8 Acabado superficial de la capa de rodadura construida

Después de extendido y compactado, el concreto debe ser 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 las losas construidas con pavimentadoras de formaletas deslizantes debe ser efectuado por la misma máquina pavimentadora, la cual debe disponer de los elementos necesarios para ello.

Terminadas las operaciones de acabado recién descritas y mientras el concreto aún esté fresco, se deben redondear 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 redondean del mismo modo, pero con una llana de seis milímetros (6 mm) de radio.

500.4.6.8.1 Chequeo superficial

500.4.6.8.1.1 Sistemas de chequeo temprano superficial

Una vez terminada esta operación y mientras el concreto se encuentre en estado plástico, se comprueba el acabado superficial por medio manual, con una regla de tres metros (3 m) colocada paralela o perpendicularmente al eje de la calzada en cualquier sector de ella que no esté afectado por cambios de pendiente, o por medio de mecanismos de control láser, verificando que las irregularidades no excedan de cinco milímetros (5 mm). En el caso de que se presenten diferencias mayores, ellas se deben eliminar, ya sea agregando concreto fresco que se vibra y termina del mismo modo que el resto de la capa de rodadura, o bien eliminando los excesos con los bordes de la llana. Se prohíbe el riego de agua o la extensión de mortero sobre la superficie, para facilitar el acabado y corregir irregularidades de la capa de rodadura.

500.4.6.8.1.2 Flotado superficial

El acabado de las losas construidas entre formaletas fijas se puede realizar por medio de herramientas manuales, como un flotador o un enrasador. También, se pueden utilizar equipos de terminado que se deslicen sobre las formaletas fijas. La disposición y el movimiento del elemento enrasador deben ser los adecuados para eliminar las irregularidades superficiales y obtener el perfil, sin superar las tolerancias establecidas.

500.4.6.8.1.3 Microtexturizado superficial

La microtextura se realiza mediante el uso de la tela especificada en la Tabla 500 — 7.

La tela de yute debe estar humedecida y se debe pasar después de que el concreto se haya flotado y/o allanado, y que haya exudado. Si después de haber pasado la tela, el concreto exuda nuevamente, esta se debe pasar nuevamente y aplicarse a lo largo del tramo (longitudinalmente).

La aplicación del retardador de fraguado se debe hacer antes de transcurridos quince minutos (15 min) desde la puesta en obra, extendiendo a continuación una membrana impermeable, que se mantiene hasta la eliminación del mortero. Esta operación se realiza antes de transcurridas veinticuatro horas (24 h), salvo que un fraguado insuficiente del concreto requiera alargar este periodo.

Se debe contar con soportes que permiten subir o bajar la tela cuando se requiera, y ganchos para un mejor agarre. Se debe tener especial cuidado en que la tela no esté ni muy húmeda que pueda generar burbujas, ni muy seca que haya el riesgo de levantar el concreto. Se debe procurar que el tejido sea continuo, para evitar la adición de retazos ya que esto marca de manera notoria el concreto.

Se puede hacer uso de otros materiales en reemplazo de la tela de yute, como cuero o pasto sintético, pero deben ser aprobados por el interventor.

500.4.6.8.1.4 Macrotexturizado superficial

Una vez culminadas las operaciones de acabado superficial y antes de que comience a

fraguar el concreto, se le debe dar a la capa de rodadura una textura transversal y longitudinal homogénea, según se establezca en el diseño, en forma de estriado, mediante la aplicación manual o mecánica del peine de dientes metálicos citado en la Tabla 500 — 7, en forma sensiblemente perpendicular y longitudinal, según corresponda, al eje de la calzada, y de tal forma que las estrías tengan la profundidad adecuada. Este sistema permite la rápida evacuación del agua de la superficie, reduciendo la ocurrencia de hidroplaneo. Debe contar con una profundidad de entre tres milímetros (3 mm) y seis milímetros (6 mm), teniendo especial cuidado de que el agregado no se perturbe en exceso.

Su aplicación debe ser en el tiempo que el constructor crea conveniente, evitando una aplicación tardía ya que se tendría que ejercer una mayor presión o profundidad generando una superficie irregular.

500.4.6.9 Protección y curado del concreto

Durante el tiempo de fraguado, el concreto debe ser protegido contra el lavado por lluvia, contra la insolación directa, el viento y la humedad ambiente baja. El constructor tiene 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 quinientos gramos por metro cuadrado por hora (500 g/m^2/h), debe tomar precauciones adicionales para limitar las pérdidas de humedad o, de lo contrario, suspender las operaciones de pavimentación mientras la rata de evaporación exceda el valor citado.

En épocas lluviosas, el interventor puede exigir al constructor colocar 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, puede autorizar la colocación de materiales impermeables sobre el concreto fresco, hasta que adquiera la resistencia suficiente de modo que el acabado superficial no se afecte por la lluvia. Si el constructor no atiende esta sugerencia y las losas sufren deslavado por tal efecto, debe someter la superficie a ranurado transversal mecánico, a sus expensas, y hasta contar con la aprobación del interventor.

Durante un periodo que, en general no debe ser inferior a tres días (3 d) a partir de la colocación del concreto, está prohibido cualquier tipo de tránsito sobre él, excepto el necesario para el aserrado de las juntas cuando se empleen sierras mecánicas. Este periodo puede ser reducido por el interventor, cuando en la construcción de la capa de rodadura se aplique la técnica conocida como *fast track*.

La selección del tipo de curado, así como el momento adecuado para su aplicación, dependen 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 estos sistemas como en los equipos, en caso de que los resultados dejen de ser satisfactorios en algún momento.

En el caso de los concretos tipo *fast track*, normalmente se requiere un sistema de curado

doble: primero la aplicación de productos químicos que forman una película curadora y, sobre esta, la instalación de membranas de polietileno o de papel.

El curado se debe hacer inmediatamente después del acabado final, cuando el concreto empiece a perder su brillo superficial.

El curado del concreto se debe realizar en todas las superficies libres, incluyendo los bordes de las losas, por un periodo no inferior a siete días (7 d) y, de ser posible, se debe prolongar hasta diez días (10 d). Sin embargo, el interventor puede modificar dicho plazo, a la vista de los resultados obtenidos sobre muestras del concreto empleado en la construcción de la capa de rodadura.

500.4.6.9.1 Sistemas de protección y curado

500.4.6.9.1.1 Materiales de protección y curado de concreto

500.4.6.9.1.1.1 Humedad

Cuando se opte por este sistema de curado, el cual no es aceptable en proyectos de nivel de tránsito tres (NT3), la superficie del pavimento se debe cubrir con telas de fique o algodón, arena u otros productos de alto poder de retención de humedad aprobados por el interventor, una vez que el concreto haya alcanzado la suficiente resistencia para que el acabado superficial de la capa de rodadura no se vea perjudicado por la colocación de estos elementos.

Dichos materiales no pueden 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 debe mantener húmeda, aplicando agua en forma de rocío fino y nunca en forma de chorro. Los materiales utilizados en el curado deben permanecer saturados todo el tiempo que dure este.

500.4.6.9.1.2 Cubrimiento con compuestos curadores que forman membrana

Cuando el curado se realice con productos de este tipo, estos se deben 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 debe aplicar antes de que se cumpla dicho plazo.

El producto de curado que se emplee debe cumplir la norma ASTM C309 y la dosificación de estos productos se debe hacer siguiendo las instrucciones consignadas en su respectiva ficha técnica suministrada por el fabricante. Su aplicación se debe llevar 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 puede ser inferior a doscientos cincuenta gramos por metro cuadrado (250 g/m^2). El equipo aspersor debe estar en capacidad de mantener el producto en suspensión y contar con un dispositivo que permita controlar la cantidad aplicada de la membrana.

También se pueden usar selladores o sellantes regidos por la norma ASTM C1315, que al entrar en contacto con el concreto forman una

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

película que endurece y sella, y poseen propiedades especiales como resistencia a los álcalis y a los ácidos, cualidades adhesivas y resistencia a la degradación por la luz ultravioleta. Estos compuestos ayudan al curado, protegen la estructura de daños causados por la penetración de líquidos perjudiciales para el concreto, brindan mayor durabilidad y minimizan la generación de polvo. Algunos mejoran la apariencia del concreto.

Cuando las juntas se realicen por aserrado, se aplica el producto de curado sobre sus paredes. También, se aplica sobre áreas en las que, por cualquier circunstancia, la película se haya estropeado durante el periodo de curado.

Cuando el concreto se haya colocado entre formaletas fijas, al retiro de estas se deben proteger los lados expuestos de las losas, con un tratamiento igual al aplicado sobre la superficie.

No se permite la utilización de productos que formen películas cuyo color sea negro.

500.4.6.9.1.1.3 Cubrimiento con membranas

Si se adopta este método de curado, las membranas se deben colocar cuando la superficie de concreto tenga la suficiente resistencia para que la capa de rodadura no se vea afectada en su acabado. Durante el intervalo transcurrido mientras esto sucede, se debe aplicar agua en forma de rocío para mantener la superficie húmeda.

Se pueden emplear materiales como mantas de algodón, yute, alfombras o espuma, los cuales se deben mantener mojados durante todo el periodo de curado, ya que, si se dejan secar el proceso se invierte. Antes de ser retirados se deben dejar secar para que el concreto se vaya secando paulatinamente, para evitar posibles golpes de calor.

Se debe asegurar la permanencia de las membranas durante todo el periodo previsto de curado, traslapando las fajas al menos doscientos milímetros (200 mm) y asegurando con pesos los bordes y los traslapos, con el fin de impedir el levantamiento de las membranas por acción del viento.

No se permite la utilización de membranas de color negro.

500.4.6.9.1.1.4 Retardantes de evaporación

Estos materiales forman una película delgada que retardan la rápida pérdida de humedad de la superficie del concreto. Es recomendable en zonas con temperaturas elevadas, baja humedad relativa y fuertes vientos. Su utilización debe ser aprobada por el interventor.

Cualquier sistema de curado escogido debe ser aprobado por el interventor y hacerse por lo menos durante los primeros siete días (7 d).

500.4.6.9.1.1.5 Barreras contra viento y sol

Se recomienda el uso de barreras contra viento y sol para lograr un correcto curado cuando la tasa de evaporación es elevada.

500.4.6.10 Remoción de formaletas

Cuando la capa de rodadura se construya entre formaletas fijas, el desformaleteado se debe efectuar luego de transcurridas dieciséis

horas (16 h) a partir de la colocación del concreto. En cualquier caso, el interventor puede aumentar o reducir el tiempo, en función del correspondiente al fraguado y la resistencia alcanzada por el concreto.

500.4.6.11 Modulación y corte de juntas de las losas de concreto

Antes de proceder al aserrado, se deben trazar sobre la capa de rodadura, 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 deben ser continuos.

El diseñador debe definir la secuencia de corte y prever las juntas de construcción. El constructor debe proponerlo de acuerdo con la longitud del pavimento, planeado desde el diseño de los tramos a vaciar, y con base en esto, proponer la secuencia de modulación. El diseño debe contemplar los tipos de cavidades de corte con su ancho y longitud, y deben ser tales que no generen la aparición de fisuras por tiempos tardíos o que se presenten pérdidas de agregados en la junta o daños en los bordes de la losa o de la junta. Sin embargo, una vez comenzado el corte, este se debe continuar hasta finalizar todas las juntas. El inicio de los trabajos de corte se debe definir mediante estudios previos, en los cuales se establezca el momento óptimo de corte, de acuerdo con las condiciones ambientales.

Si a causa de un aserrado prematuro se astillan los bordes de las juntas, estos se deben reparar con un mortero de una resina polimérica apropiada o un mortero cementicio de alta especificación para el restablecimiento de los bordes de las juntas, de las características indicadas en el numeral 630.2.5 del artículo 630.

500.4.6.12 Juntas transversales y longitudinales de contracción

Es importante realizar los cortes cuando el concreto haya alcanzado la resistencia suficiente, ni mucho tiempo antes que provoque la generación de desportillamientos de las losas, ni muy tarde, de manera que deje que en el concreto se empiecen a formar patrones de agrietamiento. Primero se deben realizar los cortes transversales y luego los longitudinales, para evitar que la separación entre juntas transversales sea mayor entre la menor medida de cinco metros (5 m) o veinticuatro (24) veces el espesor. Estas deben ser continuas, y al igual que en las juntas longitudinales, se debe realizar un corte inicial con un ancho de tres milímetros (3 mm) y a una profundidad de al menos un tercio (1/3) del espesor de la losa de concreto, con el fin de inducir la falla controlada. Si el concreto está fibrorreforzado, la profundidad de corte puede llegar hasta antes de encontrarse con la dovela de transferencia.

Para la formación de juntas, se deben utilizar cortadoras con discos diamantados, operadas por mano de obra calificada para dicho trabajo.

500.4.6.13 Juntas transversales de construcción

Estas juntas son las empleadas cuando ocurren interrupciones ya previstas, como el final de un día de pavimentación, unión con puentes o accesos, o en ocasiones que se presenten imprevistos que requieran la suspensión del

trabajo por un tiempo considerable. Estas se construyen en las ubicaciones normales de las juntas, por lo tanto, deben contemplar las barras pasajuntas. Cuando es necesaria la construcción de juntas transversales de construcción en los dos primeros tercios de la separación normal diseñada para las juntas, se deben insertar barras de amarre, para evitar la posible generación de grietas a la losa adyacente. Para esto, se debe hacer uso de una formaleta cabecera, la cual tiene la función de confinar la estructura hasta dar continuidad a la obra, y deben tener una serie de orificios por los cuales se colocan las barras pasajuntas.

500.4.6.14 Juntas de aislamiento y de expansión

Estas juntas se ejecutan cuando se requiere un aislamiento total en cuanto a movimiento vertical y horizontal entre la capa de rodadura y otras estructuras, con el objetivo de evitar daños en el pavimento o la estructura adyacente.

500.4.6.14.1 Juntas de aislamiento

Estas juntas disminuyen los esfuerzos a compresión que se presentan en el pavimento y una estructura, o entre dos secciones del pavimento. Estas juntas se emplean también cuando existen estructuras como pozos o alcantarillas. La profundidad es completa, hasta la capa base del pavimento, y a todo lo largo del contacto entre estructuras. Estas juntas no deben tener ni barras de amarre ni barras pasajuntas, ya que no se requiere una transferencia de carga, y se debe permitir el movimiento horizontal y vertical entre estructuras. Se recomienda un ancho de juntas de entre doce coma cinco y veinticinco milímetros (12,5 mm – 25 mm) (½ pulgada – 1 pulgada), ya que con anchos mayores se pueden presentar desplazamientos excesivos.

500.4.6.14.2 Juntas de expansión

Bajo condiciones normales no son necesarias las juntas de expansión. Sin embargo, estas se recomiendan cuando la temperatura ambiente es menor a los cuatro grados Celsius (4 °C) o cuando los materiales usados para la fabricación de las losas han presentado características expansivas. La decisión de su implementación depende de la experiencia del constructor, junto con la aprobación del interventor.

500.4.6.15 Sellado de las juntas

Los materiales por utilizar deben cumplir lo descrito en el numeral 500.2.5 del presente artículo. Inmediatamente después del corte final, los excesos de cemento, lechadas, material de curado o cualquier otro elemento, deben ser completamente removidos de la junta mediante chorro de agua a presión de diez megapascales (10 MPa). Cuando finalice la limpieza de la junta, esta se debe soplar con un compresor de aire.

Si los documentos del proyecto exigen una limpieza adicional con chorro de arena, esta se debe realizar 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 se trata con dos pasadas de chorro de arena o hidroarenado como mecanismo de preparación de la superficie. Por ejemplo, una pasada en cada una de las caras de la junta. Luego, se debe utilizar aire

comprimido para remover de la junta todos los residuos de polvo. Los compresores de aire deben estar equipados con unas trampas adecuadas, capaces de remover toda el agua y toda la grasa presente en el aire comprimido.

Las ranuras aserradas y limpias se deben inspeccionar, para asegurar que el corte se haya efectuado hasta la profundidad especificada y se haya removido toda materia extraña.

Hasta el momento del sellado de las juntas, estas se deben 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 deben apoyar en la parte superior de la losa.

No se permite ningún almacenamiento de material sobre las losas recién construidas.

El sistema de sellado de juntas debe garantizar la hermeticidad del espacio sellado, la adherencia del sello a las caras de la junta, la resistencia a la fatiga por tracción y la 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.

500.4.6.15.1 Instante de aplicación del sello

Las juntas pueden ser selladas cuando el concreto tenga una edad menor a veintiocho días (28 d) o se encuentre húmedo, pero superficialmente seco, siempre que el sellante cumpla los requisitos para sellos de poliuretano para concreto húmedo o con menos de veintiocho días (28 d) de curado indicados para sellos elastoméricos de poliuretano. Cuando el concreto tenga una edad mayor a veintiocho días (28 d) y se encuentre seco, el sello debe cumplir todas las propiedades de acuerdo con su naturaleza química, tal como indica el numeral 500.2.5.1. Para el caso de sellos elastoméricos de poliuretano debe cumplir los requisitos para sellos de poliuretanos estándar. En el momento de la aplicación del componente de sello, la temperatura ambiente debe 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 debe 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 deben utilizar imprimantes que creen una barrera de vapor y garanticen una total adherencia del material sellante a los bordes de la junta.

500.4.6.15.2 Instalación del sello

Antes de sellar las juntas, el constructor debe demostrar que el equipo y los procedimientos para preparar, mezclar y colocar el sello producen un sello de junta satisfactorio, de acuerdo con el tramo de prueba. El interventor debe verificar que los procedimientos de instalación propuestos estén de acuerdo con las indicaciones consignadas en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante.
Antes de iniciar esta tarea en forma masiva, se deben ejecutar dos pruebas de instalación en juntas, de cincuenta metros (50 m) cada

una, las cuales deben ser aprobadas por el interventor.

Para conservar un buen nivel de productividad y calidad, se deben mantener durante el periodo total de la obra, las personas y los equipos de trabajo usados para estas pruebas. Los cambios de personal, materiales o equipos deben ser notificados al interventor e implican la realización de nuevos tramos de prueba.

Las juntas deben 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 debe tener la aprobación del interventor, antes de que sea aplicado.

Previamente al vaciado del material de sello, se debe 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 debe cumplir los requisitos citados en el numeral 500.2.5.2, no puede ser estirada ni torcida durante la operación de colocación. Durante la jornada de trabajo, se debe limitar la colocación de la tirilla de respaldo a las juntas que puedan ser selladas en el día.

Se debe enrasar el sello pasando una herramienta en ambas direcciones, para asegurar una aplicación libre de aire. La superficie del sello debe quedar tres milímetros (3 mm) por debajo de los bordes de la junta.

El sello que no adhiera a la superficie de la pared de la junta, que contenga huecos o falle en su tiempo de curado, se debe rechazar y debe ser reemplazado por el constructor, sin costo adicional alguno para INVÍAS.

500.4.6.16 Apertura al tránsito

El paso de personas y de equipos para el aserrado y para la comprobación de la regularidad superficial, se puede autorizar cuando haya transcurrido el plazo necesario para que no se produzcan desperfectos superficiales, y se haya secado el producto químico de curado, si se emplea este método.

Al abrir el pavimento al tránsito público, todas las juntas deben estar selladas o protegidas contra daño y contra la intrusión de materiales extraños.

500.4.6.16.1 Requisitos para la apertura al tránsito

500.4.6.16.1.1 Resistencia

El tránsito de obra no puede circular sobre el pavimento, mientras este no haya alcanzado un módulo de rotura de por lo menos el ochenta y cinco por ciento (85 %) de la exigida, a veintiocho días (28 d).

500.4.6.16.1.2 Tiempo

La apertura al tránsito automotor no se debe autorizar antes de cumplir el cien por ciento (100 %) de la resistencia especificada, además se debe haber cumplido con la culminación de la totalidad de la obra, con todos los elementos especificados en los documentos del proyecto.

500.4.6.17 Proceso constructivo para casos especiales

El constructor debe seguir las indicaciones de los documentos del proyecto para adelantar la construcción de las losas de concreto en todos los casos especiales, como 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.

500.4.6.18 Requerimientos de temperatura

Los trabajos de construcción de la capa de rodadura de concreto hidráulico se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede 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 sea aprobado por este.

El vaciado del concreto se interrumpe cuando llueva con una intensidad tal, que pudiera, a criterio del interventor y por instrucción de este, producir deformaciones en los bordes de las losas o la pérdida de textura superficial del concreto fresco.

En zonas calurosas, se deben extremar las precauciones, con el fin de evitar fisuraciones o desecación superficial. Donde la temperatura ambiente exceda de treinta grados Celsius (30 °C), se debe contemplar el empleo de aditivos retardadores de fraguado aprobados por el interventor.

La temperatura de la masa de concreto, durante la operación de vaciado, no puede ser inferior a diez grados Celsius (10 °C) y no más allá de treinta y cinco grados Celsius (35 °C); se prohíbe 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 suspende cuando la temperatura ambiente baje de cinco grados Celsius (5 °C), o en caso de lluvia o viento fuerte, salvo aprobación del interventor.

500.4.7 Conservación

Todo concreto defectuoso o deteriorado que no cumpla las características establecidas en el diseño, debe ser intervenido por el constructor para llevarlo a las condiciones de diseño, sin costo adicional para INVÍAS. En todo caso, los procedimientos deben ser aprobados por el interventor, cualquiera sea el tipo de intervención. Se deben dejar registrados en los documentos del proyecto las reparaciones realizadas y el método de reparación.

El pavimento de concreto hidráulico se debe mantener en perfectas condiciones por el constructor cumpliendo los requerimientos mínimos establecidos en el presente artículo, hasta el recibo definitivo de los trabajos, sin que ello implique costo adicional alguno para INVÍAS.

500.4.8 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados 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 particular o la legislación ambiental vigente.

Todas las labores requeridas para la construcción de la capa de rodadura de concreto hidráulico se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales. En caso de contradicciones con lo indicado en el presente numeral deben prevalecer, en su orden, la legislación ambiental y lo indicado en los documentos del proyecto.

Sea que los agregados los explote el constructor o le sean suministrados por terceros, el interventor debe verificar que se encuentren vigentes todas las licencias para su explotación.

Así mismo, se controla que todos los procesos de preparación de agregados, elaboración, transporte y colocación de la mezcla y el acabado de la capa de rodadura se realicen con un cabal cumplimiento de las normas y disposiciones ambientales vigentes.

Al término de los trabajos de construcción de la capa de rodadura de concreto hidráulico, el constructor debe limpiar la superficie y retirar todo material sobrante o desperdicio y transportarlo y depositarlo apropiadamente en un lugar autorizado por las autoridades ambientales de la jurisdicción respectiva.

Siempre que se deban demoler y reponer losas, los productos de la demolición son de propiedad del constructor, quien debe disponer de ellos de manera que no causen afectaciones ambientales ni se genere obligación de ninguna índole a INVÍAS.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

500.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar 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.
- Cuando sea posible, establecer una correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión para el concreto con el cual se construye la capa de rodadura.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y de la mezcla de concreto, durante el periodo de ejecución de las obras.
- Verificar permanentemente el asentamiento, así 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 de la capa de rodadura, su densidad y su resistencia a la compresión y vigas de concreto aserradas para determinar su resistencia a la flexión, cuando corresponda.
- Realizar medidas para levantar perfiles, medir la textura superficial y comprobar la regularidad de la superficie del pavimento terminado.
- Generar una propuesta para el tramo de prueba y una extensión del proyecto para el uso de tomógrafo y FWD (para medir la transferencia de carga y deflexión) para vías NT3.

Los laboratorios en donde se realizan los ensayos necesarios para el control de la calidad de los materiales del concreto y el control de la calidad del concreto, deben ser empresas legalmente constituidas que cuenten con experiencia y/o trayectoria en ejecución de pruebas y ensayos de control de calidad de materiales, que puedan demostrar apropiadamente la competencia de su personal de laboratorio y cuyos informes de resultados informados contengan la aprobación y la autorización para su emisión, mediante la firma del responsable técnico facultado para ello. El laboratorio debe contar con todo el equipamiento principal y auxiliar necesario para el correcto desempeño de sus actividades y asegurar que estos cuenten con la exactitud y la precisión adecuadas para lograr resultados válidos. El laboratorio debe contar con un programa de calibración de sus equipos y se debe asegurar de que los resultados de la medición sean trazables al SI, mediante alguna de las siguientes alternativas:

- La calibración de los equipos proporcionados por un laboratorio de metrología acreditado por ONAC.
- La comparación directa o indirecta a patrones nacionales o internacionales que cuenten con unidades del SI.
- Los valores certificados de materiales de referencia (MRC) proporcionados por productores competentes con trazabilidad metrológica establecida al SI.

El constructor es el responsable de garantizar que todos los ensayos necesarios se realicen. Los informes de ensayos deben ser entregados rutinariamente al interventor, al profesional a cargo del diseño, a los proveedores de material y a la autoridad competente que verifique el cumplimiento de la calidad o que tome acciones correctivas.

Los orificios que dejen los núcleos para determinar el espesor de la capa de rodadura y otros controles a que haya lugar, deben ser rellenados por el constructor, sin costo alguno para INVÍAS, con una mezcla de iguales o mejores características que la empleada en la construcción de la capa de rodadura, la cual debe ser correctamente compactada, enrasada y curada.

500.5.1 Control de materiales

Rige lo establecido en el numeral 630.5.1 del artículo 630.

500.5.1.1 Calidad del cemento hidráulico

Rige lo establecido en el numeral 630.5.1.1 del artículo 630.

500.5.1.2 Calidad de las adiciones suplementarias

Rige lo establecido en el numeral 630.5.1.2 del artículo 630.

500.5.1.3 Calidad de los aditivos, de las adiciones complementarias y de los productos químicos de curado

El constructor debe 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.

500.5.1.4 Calidad del agua

Rige lo establecido en el numeral 630.5.1.3 del artículo 630.

500.5.1.5 Calidad de los agregados

De cada fuente de agregados por utilizar en la producción de concreto y para cualquier volumen previsto, se toman cuatro (4) muestras y se ejecutan los ensayos que permitan verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en el numeral 500.2.1.3. Los resultados de todas las pruebas deben satisfacer las exigencias citadas en dicho numeral. Los agregados que no las cumplan, no pueden ser utilizados en la elaboración de la mezcla de concreto.

Durante la etapa de producción, el interventor debe examinar los acopios y ordenar el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de elementos vegetales, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, ordenar acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto (tal como distinta coloración), segregación; partículas alargadas o aplanadas o plasticidad, y vigilar 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 suministre, se verifica la calidad de los agregados mediante la realización de los ensayos que se relacionan en la Tabla 500 — 9, con la frecuencia indicada en ella.

Los resultados de los ensayos deben satisfacer todos los requisitos establecidos en el presente artículo y lo definido en la fórmula de trabajo. En caso contrario, la mezcla elaborada con los agregados defectuosos es rechazada y las losas vaciadas con el concreto cuestionado deben ser demolidas y construidas nuevamente, a expensas del constructor, y hasta contar con la aprobación del interventor.

La curva granulométrica de cada ensayo individual se debe ajustar a la franja de tolerancia. Esta franja se construye a partir de la granulometría de diseño de la mezcla (fórmula de trabajo), con los límites fijados en la Tabla 500 — 10.

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 deben preparar en laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa, la cual se debe someter a todas las pruebas de valoración descritas en el presente artículo. En el caso de que no cumpla todos los requerimientos, el constructor debe demoler y retirar, a sus expensas, las losas cuestionadas y las debe reponer, sin costo alguno para INVÍAS.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

Tabla 500 — 9. Ensayos de verificación sobre los agregados para capas de rodadura de concreto hidráulico

Característica	Norma de ensayo	Frecuencia
Composición (F)		
Granulometría	INV E-213	1 por jornada
Módulo de finura	INV E-213	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de Los Ángeles	INV E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	INV E-238	1 por mes
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos - Seco y húmedo	INV E-224	1 por mes
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos (o magnesio)	INV E-220	1 por mes
Reactividad de los agregados	Ver numeral 630.5.1.4 del artículo 630	Tabla 630 — 17
Limpieza (F)		
Impurezas en agregado grueso	INV E-237	1 por semana
Terrones de arcilla y partículas deleznables	INV E-211	1 por semana
Partículas livianas	INV E-221	1 al inicio del proyecto, 1 cada cambio de fuente y 1 cada 2,5 meses
Material que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200)	INV E-214	1 por semana
Geometría de las partículas (F)		
Partículas fracturadas mecánicamente	INV E-227	1 por jornada
Índice de alargamiento y aplanamiento	INV E-230	1 por semana

Nota: se entiende como jornada, un día (1 d) de producción de agregados.

La reactividad potencial de un agregado, se debe evaluar a partir de los resultados obtenidos de acuerdo con lo indicado en el numeral 630.2.6.1 del artículo 630.

El interventor puede modificar la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 500 — 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.

Las tolerancias granulométricas aplicables a la fórmula de trabajo se encuentran indicadas en la Tabla 500 — 10.

Tabla 500 — 10. 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 Pulgada	Nro. 4	Nro. 8	Nro. 16	Nro. 30	Nro. 50	Nro. 100	Nro. 200
	Puntos de porcentaje (%) sobre la masa seca de los agregados							
	± 4		± 3					± 1

500.5.1.6 Calidad del acero

Rige lo establecido en el numeral 630.5.1.5 del artículo 630.

500.5.1.7 Calidad de materiales de sellado de juntas

El constructor debe 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 debe garantizar el sello contra defectos de los materiales y de instalación, por un periodo mínimo de cinco (5) años.

500.5.2 Control del concreto

De cada elemento de transporte a la obra, se controla el aspecto del concreto y su temperatura. Cualquier concreto segregado, cuya envuelta no sea homogénea debe ser rechazado por el interventor, sin tener que recurrir a prueba alguna de laboratorio o de campo para tomar tal determinación.

500.5.2.1 Control de requisitos de durabilidad

Rige lo establecido en el numeral 630.5.2.1 del artículo 630.

500.5.2.2 Control de la dosificación

Rige lo establecido en el numeral 630.5.2.3 del artículo 630.

500.5.2.3 Control de la consistencia

Se debe controlar la consistencia de cada carga transportada, para lo cual se debe extraer una muestra en el momento de la colocación del concreto, para someterla al ensayo de asentamiento (INV E-404/NTC 396). El resultado obtenido se debe ajustar al establecido al definir la fórmula de trabajo, con las tolerancias que muestra la Tabla 500 — 11. Si el asentamiento se encuentra por fuera de los límites de tolerancia o por fuera del rango aceptado en el numeral 500.4.3, se debe tomar una segunda muestra del mismo camión y se debe repetir el ensayo. Si este último se encuentra dentro de los límites y las tolerancias especificados, se debe aceptar el viaje. En caso contrario, se debe rechazar.

Tabla 500 — 11. Tolerancias en el asentamiento y en el contenido de aire respecto de los definidos en la fórmula de trabajo

Característica	Construcción	Tolerancia
Asentamiento (mm)	Formaleta deslizante	0
	Flota motorizada	75 ± 25
	Regla vibratoria	75 ± 25
	Rodillo vibratorio	75 — 100
	Cimbra de rodillo	100 — 125
	Fast track	175 ± 25
Contenido de aire (%), cuando esté especificado	Formaletas fijas	+ 1,8
	Formaletas deslizantes	+ 1,8

500.5.2.4 Contenido de aire

Si en el diseño de la mezcla se ha especificado un contenido de aire, se debe 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/NTC 1032. Los resultados se deben ajustar al valor establecido al definir la fórmula de trabajo, con las tolerancias que muestra la Tabla 500 — 11. Si el resultado de la muestra de algún camión se encuentra por fuera de los límites de tolerancia, se toma una segunda muestra del mismo camión y se repite el ensayo. Si este último se encuentra dentro de la tolerancia especificada, se debe aceptar el viaje. En caso contrario, se rechaza. Si se rechaza el concreto de los tres (3) camiones consecutivos por este motivo, se suspende la producción de la mezcla y la construcción de las losas, hasta que se detecten y corrijan las causas de la anomalía.

500.5.2.5 Control de la densidad del concreto

Rige lo establecido en el numeral 630.5.2.6 del artículo 630.

500.5.2.6 Control de temperatura

Se controla la temperatura del concreto en estado fresco siguiendo la norma de ensayo ASTM C1064. Si la temperatura del concreto, medida en la entrega de este, no cumple los requisitos del numeral 500.4.6.18 del presente artículo, se debe realizar inmediatamente una medición adicional sobre una nueva muestra del mismo despacho. Si no se cumplen los requerimientos de temperatura, el concreto no se puede usar en obra.

500.5.2.7 Control del módulo elástico del concreto

Sobre los núcleos cilíndricos extraídos del pavimento para el control de espesores de la

capa de rodadura, numeral 500.5.3.2, se debe determinar el módulo de elasticidad, mediante el procedimiento descrito en la norma de ensayo INV E-424/NTC 4025.

El valor promedio de cada lote debe ser reportado y emplearse, si corresponde, en la revisión de los diseños estructurales de la capa de rodadura.

500.5.2.8 Control de la resistencia del concreto

Se considera como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, la obra ejecutada en una jornada de trabajo.

En lo relativo a integridad del pavimento, numeral 500.5.3.1, la unidad de valoración para aceptación o rechazo es la unidad de losa, y en lo relativo a regularidad superficial se aplica lo descrito en el numeral 500.5.3.6.

De cada lote definido para inspección se deben moldear aleatoriamente y de amasadas diferentes, un mínimo de cuatro (4) muestras, constituida cada una por seis (6) especímenes prismáticos y seis (6) cilíndricos de una misma amasada y cuyas dimensiones, preparación y curado deben estar de acuerdo con la norma de ensayo INV E-420/NTC 550.

En la identificación de cada espécimen debe constar la fecha y la hora de elaboración, la identificación de la(s) losa(s) donde este fue vaciado y cualquier otra información que se considere necesaria.

Por cada muestra se elaboran las siguientes probetas:

- Seis (6) vigas prismáticas para ensayos de resistencia a flexión (INV E-414/NTC 2871), de las cuales se fallan dos (2) vigas a siete días (7 d), dos (2) a veintiocho días (28 d) y dos (2) destinadas como testigos (o las edades definidas para control, resistencia de diseño y verificación de resistencia residual), luego de ser sometidas al curado normalizado.
- Seis (6) cilindros, para ensayos de compresión (INV E-410/NTC 673), de los cuales se fallan dos (2) probetas a siete días (7 d), dos (2) a veintiocho días (28 d) y dos (2) destinadas como testigos (o las edades definidas para control, resistencia de diseño y verificación de resistencia residual), luego de ser sometidos al curado normalizado.

Nota: bajo condiciones excepcionales, se puede evaluar la posibilidad de usar cilindros de cien milímetros (100 mm) de diámetro por doscientos milímetros (200 mm) de altura, con una relación diámetro del cilindro/tamaño máximo nominal del agregado, no menor a tres (3). En caso de ser aprobado por el interventor, se deben usar como mínimo tres (3) probetas a siete días (7 d), tres (3) a veintiocho días (28 d) y tres (3) destinadas como testigos (o las edades definidas para control, resistencia de diseño y verificación de resistencia residual), 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 el resultado de un ensayo. Los valores de resistencia a siete días (7 d) (o la edad definida) se deben emplear 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 días (28 d) (o la edad especificada) se emplean en la comprobación de la resistencia del concreto para su aceptación.

En algunos proyectos o algunas partes de un proyecto, se puede requerir que la resistencia especificada para el concreto se obtenga a una edad más temprana, la cual debe estar definida en los documentos del proyecto o acordada y aprobada por el interventor. En estos casos, se varían las edades de los ensayos, de manera consecuente y los criterios de aceptación se aplican a la nueva edad establecida.

Todos los ensayos de resistencia se reportan con la precisión indicada en las normas de ensayo respectivas, empleando el método de redondeo de la norma de ensayo INV E-823.

500.5.2.8.1 Criterios de aceptación y rechazo

Los criterios de aceptación y rechazo del concreto colocado en el sitio son los dos siguientes:

- El diseño de mezcla de concreto para la capa de rodadura se considera adecuado cuando el promedio de tres (3) resultados consecutivos de resistencia a la compresión es igual o excede la resistencia especificada *f´c*. Así mismo, si el promedio de cinco (5) resultados consecutivos de resistencia a la flexión es igual o excede la resistencia especificada *f´r*.
- Ningún resultado individual de resistencia puede estar por debajo de la resistencia especificada en:
  - 3,5 MPa para *f´c* cuando *f´c* sea ≤ 35 MPa,
  - 0,10**f´c* cuando *f´c* sea > 35 MPa, o
  - 0,5 MPa para *f´r*.

La mezcla debe ser rediseñada en caso de que la resistencia a la compresión o a la flexión no cumpla con estos criterios.

Si se confirma la posibilidad de que el concreto es de baja resistencia, se deben tomar tres núcleos, como lo indica la norma INV E-418/ NTC 3658, por cada resultado del ensayo de resistencia que sea menor que los valores señalados. Los núcleos no deben ser ensayados antes de cuarenta y ocho horas (48 h) y no más tarde de siete días (7 d) de su extracción. El concreto representado por la zona de los núcleos se considera estructuralmente adecuado si el promedio de los tres núcleos es mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) de la resistencia especificada a la compresión y ningún núcleo individual presenta una resistencia menor del setenta y cinco por ciento (75 %) de la resistencia especificada a la compresión. Cuando los núcleos den valores erráticos, se deben extraer núcleos adicionales de la misma zona.

500.5.2.9 Control de curado

Todo vaciado de concreto que no sea correctamente curado, puede ser rechazado por el interventor. Si se trata de una superficie de contacto con vaciados subsecuentes de concreto, deficientemente curada, el interventor puede 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, curada correctamente.

Los especímenes curados en las mismas condiciones de la obra deben dar como mínimo el ochenta y cinco por ciento (85 %) de la resistencia de los especímenes curados en agua

para control de calidad. El cumplimiento de este requisito es garantía de que se está realizando un curado efectivo en obra.

Solo para efectos de aceptación y rechazo de la capa de rodadura construida, se debe medir la resistencia del concreto tanto en especímenes de control de calidad de obra como en especímenes de control del desarrollo de resistencia del concreto ya instalado, mediante la disposición de cilindros de control de calidad al pie del elemento y/o extracción y ensayo de núcleos (NTC 3658 extracción de núcleos), lo anterior para determinar la efectividad de las labores de compactación y curado, si existe alguna incertidumbre con la estructura o con la resistencia en probetas.

500.5.3 Control de la capa de rodadura terminada

La capa terminada debe presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y las pendientes establecidas en los documentos del proyecto o modificadas por situaciones que lo requieran con aprobación del interventor.

La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa construida no puede ser menor que la indicada en los documentos del proyecto, salvo que haya sido necesario efectuar modificaciones con la aprobación del interventor.

La cota de cualquier punto de la capa de rodadura del pavimento curado no debe variar en más de cinco milímetros (5 mm) de la proyectada. De igual manera, no deben existir depresiones mayores a tres milímetros (3 mm), cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793. La regla se debe colocar tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja al azar el interventor, los cuales no pueden estar afectados por cambios de pendiente. Las losas que presenten anormalidades por encima de estos límites deben ser demolidas y sus escombros transportados a los sitios aprobados para su recepción, todo a expensas del constructor, quien, además, las debe reemplazar con losas que cumplan todas las exigencias del presente artículo, sin que ello implique costo alguno para INVÍAS. El producto de la demolición es propiedad del constructor.

500.5.3.1 Integridad

Siempre que se presenten losas agrietadas o astilladas, se debe proceder como se indica en el numeral 500.5.4.

Si el interventor acepta losas agrietadas sin demoler, se debe dejar constancia de ello en el acta de recibo definitivo de las obras e INVÍAS puede exigir, durante el periodo 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 deben ser demolidas y reconstruidas con cargo a la garantía.

500.5.3.2 Control del espesor

Durante la construcción de la capa de rodadura se deben nivelar el eje y los bordes del pavimento cada veinte metros (20 m) a lo largo del eje, tanto sobre la superficie de soporte de la capa de rodadura, como en la superficie del pavimento de concreto hidráulico, después

de su ejecución y curado. Estas verificaciones de nivel se deben realizar exactamente en los mismos puntos. Así mismo, una vez retiradas las formaletas, se debe realizar las verificaciones de espesores en los costados de las losas. Estas mediciones de niveles se usan 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 cuando los resultados de la nivelación muestren que existen posibles deficiencias de espesor.

La verificación de espesor para aceptación o rechazo se debe realizar por lotes. Se deben usar los mismos lotes establecidos para la verificación de la resistencia, numeral 500.5.2.8. Cada lote se subdivide en, al menos, tres (3) sublotes de máximo trescientos cincuenta metros cuadrados (350 m^2) cada uno, y se deben extraer de cada sublote dos (2) testigos cilíndricos o núcleos mediante equipos provistos de brocas rotativas (norma de ensayo INV E-418/NTC 3658). Los testigos se deben extraer luego de transcurridos quince días (15 d) desde la colocación del concreto. Los espesores de los núcleos se deben medir según la norma de ensayo INV E-419. Se pueden emplear ensayos no destructivos como escáneres y radares para la verificación del espesor.

Los agujeros dejados por los núcleos en el pavimento se deben rellenar a más tardar al día siguiente del corte, con un concreto apropiado de la misma calidad del concreto de las losas o superior, que no se contraiga. Antes de su colocación, se debe aplicar una resina en las paredes del agujero, según lo establecido en el numeral 630.2.5 del artículo 630.

Si el espesor promedio de los dos (2) testigos correspondientes a un (1) sublote resulta inferior al espesor de diseño (e_d) en más de diez milímetros (10 mm) el constructor debe demoler todo el sublote, retirar y disponer apropiadamente los escombros en un lugar aprobado y reconstruir el pavimento, todo ello a sus expensas, de modo que cumpla todas las exigencias de la presente especificación. Igual procedimiento se debe seguir cuando el espesor de un (1) testigo resulte inferior en más de quince milímetros (15 mm) con respecto al espesor de diseño (e_d). El material producto de la demolición es de propiedad del constructor.

Se considera 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 (1) sublote por los motivos expuestos en el párrafo anterior, las alturas de los testigos tomados en el tramo objeto de demolición no se consideran en el cálculo del espesor promedio del lote (e_m).

Si el espesor promedio del lote (e_m) es inferior al espesor de diseño (e_d) en más de dos milímetros (2 mm) y hasta siete milímetros (7 mm), el pavimento se debe aceptar con descuento por deficiencia. El descuento se aplica al lote del 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 la capa de rodadura de concreto hidráulico en el lote así afectado, se calcula con la expresión:

$$D = \left(1 - \frac{(e_m+2)^2}{e_d^{\,2}} \right) \qquad [500.1]$$

Donde:

e_d, espesor de diseño, en milímetros (mm).

e_m, espesor promedio del lote, en milímetros (mm).

El factor de ajuste de precio por espesor (*FAE*) (menor o igual que la unidad), que se aplica al precio unitario del contrato para el pago de los lotes correspondientes al lote analizado, es el resultado de restar el descuento (*D*) de la unidad.

$$FAE = 1\text{-}D \quad [500.2]$$

Cuando el espesor promedio del lote (e_m) sea inferior al espesor de diseño (e_d) en más de siete milímetros (7 mm), el constructor debe demoler, retirar y disponer escombros y reconstruir la capa de rodadura, a sus expensas, de modo que cumpla todas las exigencias de la presente especificación. La capa de rodadura reconstruida se somete 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 está generalizada en el lote, sino que está concentrada en algún sublote, la zona restante puede ser analizada nuevamente, tratándola como un lote. En este caso, puede ser necesario tomar testigos adicionales para cumplir el mínimo de tres (3) sublotes dentro de esta zona.

500.5.3.3 Control de ubicación de barras de transferencia

Se deben cumplir los desplazamientos máximos permitidos tanto en planta como en perfil establecidos en el numeral 500.2.2.1.1.

500.5.3.4 Control de la textura superficial

Al día siguiente de aquel en el cual se haya realizado el vaciado del concreto y el texturizado transversal, se determina, en sitios aleatorios (norma de ensayo INV E-730) que no coincidan con las 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 que se van a controlar por lote debe ser de tres (3), que se amplían 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 puede reducir la frecuencia de los ensayos.

La profundidad promedio de textura del lote debe estar comprendida entre sesenta y cien centésimas de milímetro (0,6 mm – 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 rechaza el tramo representado por el lote, hasta que el constructor haga las correcciones necesarias para alcanzar los valores prescritos, las cuales deben correr de su exclusiva cuenta y costo. Si la solución que propone o implementa el constructor da lugar a disminuciones en el espesor de la capa de

rodadura, se usan los espesores reducidos para verificar de nuevo el lote o lotes de las losas para su aceptación o rechazo por espesor, según el numeral 500.5.3.2.

500.5.3.5 Resistencia al deslizamiento

La resistencia al deslizamiento se mide 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 las juntas del 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 eligen al azar, sino que son ubicados por el interventor, en aquellos lugares que considere más sensibles al deslizamiento vehicular, en condición de superficie húmeda.

Las medidas se realizan 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 puede presentar un valor inferior al límite indicado en la Tabla 500 — 12, de acuerdo con el tránsito de diseño y el tipo de sección vial. En caso de que se presenten valores menores, el interventor debe realizar medidas adicionales para delimitar perfectamente el área afectada, la cual debe ser corregida por el constructor, a sus expensas, mediante microfresado. Si esta operación afecta el espesor de la capa de rodadura, se deben usar los espesores reducidos para verificar de nuevo el lote o lotes de las losas para su aceptación o rechazo por espesor, según el numeral 500.5.3.2.

Tabla 500 — 12. Valores mínimos admisibles del coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo británico

Tipo de sección	Coeficiente de resistencia al deslizamiento, mínimo		
	NT1	NT2	NT3
Glorietas, curvas con radios menores de doscientos metros (200 m), pendientes mayores o iguales a cinco por ciento (≥ 5 %) en longitudes de cien metros (100 m) 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 indica el equipo autorizado, así como los valores mínimos por alcanzar, los cuales deben ser, cuando menos, equivalentes a los señalados en la Tabla 500 —12 para medidas con el péndulo.

500.5.3.6 Regularidad superficial

El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) se debe comprobar 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 debe realizar, únicamente, con

procedimientos de medida de precisión o con equipos de referencia inercial.

Las medidas de precisión se pueden 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, este se debe 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 debe operar de acuerdo con la norma de ensayo ASTM E950.

Para efectos de la evaluación con fines de recibo, las medidas se realizan en cada uno de los carriles del pavimento construido y los valores de IRI se presentan en metro por kilómetro (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 constituye un lote.

No hay 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 deben ser definidos por el interventor, con su ubicación respectiva (carril y abscisa), antes de proceder a la determinación de IRI.

Se entiende 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 — 13.

Tabla 500 — 13. 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 IRI exceden los límites especificados, no es superior a veinte por ciento (20 %) del total del lote, el interventor debe delimitar los subsectores relevantes en el incumplimiento y puede 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 500.5.3.2. Si el acabado es incorrecto y/o la reducción de espesor conduce al rechazo, el constructor debe demoler, retirar y reconstruir los lotes afectados. Tanto la corrección de defectos como la demolición y el retiro al sitio de disposición de sobrantes y la posterior reconstrucción de la capa de rodadura, con la calidad exigida por el presente artículo, deben ser 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 este debe ser demolida y reconstruida. La demolición, el traslado y la disposición del material demolido y la reconstrucción de la capa de rodadura, con la calidad exigida por el presente artículo, deben ser a expensas del constructor.

En ambos casos, el material demolido es de propiedad del constructor. Este, a su vez, no puede invocar las reparaciones o las reconstrucciones derivadas de deficiencias en la regularidad superficial, como causal para incumplir el programa de trabajo.

500.5.3.7 Eficiencia en la transferencia de carga en las juntas

Se debe comprobar la transferencia de carga, tanto en las juntas longitudinales como en las transversales, siguiendo las indicaciones de los documentos del proyecto. En ellos se deben fijar, también, los valores mínimos admisibles y los procedimientos que se debe seguir en caso de incumplimiento.

500.5.4 Defectos e imperfecciones a edades tempranas

Si se presentan fisuras tempranas, se debe realizar una revisión detallada de las mezclas utilizadas, de los asentamientos medidos, del manejo de las películas o del procedimiento de protección y curado, del tiempo de ejecución de los cortes, de la temperatura ambiente y del concreto y, en general, de todos los elementos que puedan haber incidido en la ocurrencia del fenómeno.

Las losas no pueden presentar grietas. El interventor puede aceptar pequeñas fisuras de retracción plástica, de corta longitud y que no afecten más que de forma limitada a la superficie del pavimento, y debe exigir su sellado.

Si una losa presenta una grieta única no ramificada, sensiblemente paralela a una junta, el interventor la puede aceptar 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 instalan en la grieta pasadores o barras de unión, con disposición similar a los existentes en la junta. La grieta se sella, previa regularización y cajeo de sus bordes.
- Si la junta más próxima a la grieta ya se hubiera construido, la grieta se inyecta, 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 las puede aceptar u ordenar la demolición parcial de la zona afectada y su posterior reconstrucción. En el primer caso, la grieta se inyecta 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, puede tener una (1) de sus dimensiones de menos de treinta centímetros (0,30 m). La reposición se ancla mediante grapas al resto de la losa.

La resina polimérica debe cumplir lo establecido en el numeral 630.2.5 del artículo 630 y se debe aplicar de acuerdo con un

procedimiento previamente aprobado por el interventor.

Si a causa del aserrado prematuro se presentan astilladuras en las juntas, estas deben ser reparadas por el constructor, a sus expensas, usando un concreto o mortero de resina epóxica apropiado de la misma calidad del concreto de las losas o superior. Antes de la colocación del producto de reparación, la junta debe 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 debe aplicar un imprimante en la cavidad cumpliendo lo establecido en el numeral 630.2.5 del artículo 630.

En todos los casos, el constructor debe presentar, previamente, un documento con las acciones correctivas propuestas, incluyendo materiales, dimensiones y procedimientos que pretende utilizar para la reparación de la capa de rodadura.

500.5.5 Conservación de la capa de rodadura de concreto hidráulico

La capa de rodadura de concreto hidráulico se debe mantener en perfectas condiciones, de acuerdo con lo establecido en el numeral 500.4.7 del presente artículo.

500.6 Medida

La unidad de medida de la capa de rodadura de concreto hidráulico debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1), 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 debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma de ensayo INV E-823.

El volumen se determina multiplicando la longitud real medida a lo largo del eje del proyecto, por el ancho y el espesor mostrados en los documentos del proyecto. En aquellos lotes aceptados cuyo espesor promedio resulte inferior al de diseño, el volumen se determina usando el espesor promedio del lote en lugar del espesor mostrado en los documentos del proyecto. No se mide, 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 debe medir como se indica en el artículo 640, Acero de refuerzo.

El acero correspondiente a pasadores y barras de amarre no se debe medir para efectos de pago independiente.

500.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al precio unitario del contrato, multiplicado por el FAE, definido anteriormente, por toda obra ejecutada, de acuerdo con este artículo y aprobada por el interventor.

El precio unitario debe 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. Debe cubrir, también, todos los

costos de explotación de las fuentes de materiales; la selección, la trituración, el eventual lavado y la 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 la capa de rodadura de la capa de soporte; 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, 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 de la capa de rodadura 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 periodo de curado; la limpieza final del sitio de los trabajos al término satisfactorio de estos y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario debe incluir los costos de 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 tanto, no hay lugar a pago separado por este concepto. Si dicho ítem no está contemplado en el contrato, el constructor debe incluir el costo de la preparación de la superficie existente dentro del precio unitario de la capa de rodadura de concreto hidráulico.

El acero necesario para la construcción de losas reforzadas se paga con cargo al artículo 640.

500.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
500.1	Pavimento de concreto hidráulico	Metro cúbico (m^3)
500.2	Pavimento de concreto hidráulico de fraguado rápido (*fast track*)	Metro cúbico (m^3)

Nota: en el caso de pavimentos de concreto hidráulico de fraguado rápido (*fast track*), los documentos del proyecto deben definir la edad a la cual se debe alcanzar la resistencia de diseño.

500.9 Glosario

500.9.1 Definiciones tipos de pavimentos de concreto hidráulico

500.9.1.1 Pavimento de concreto convencional con juntas

Es un pavimento que está compuesto de losas de concreto hidráulico, moduladas en forma rectangular o cuadradas, sin ningún tipo de malla de refuerzo con barras corrugadas al interior de las losas, con juntas transversales de contracción, con o sin barras de transferencia, y con juntas longitudinales con o sin la presencia de barras de transferencia, y con o sin la presencia de barras de amarre.

500.9.1.2 Pavimento con juntas y losas reforzadas

Es un pavimento que está compuesto de losas de concreto hidráulico, moduladas de acuerdo con los criterios establecidos en esta especificación, pero que, por consideraciones de esfuerzos en el concreto, tamaño de las losas, presencia de elementos fijos dentro de las losas, o todas ellas, se requiere la colocación de una o dos mallas de barras de acero de refuerzo corrugado, ubicadas en el sitio establecido en los documentos del proyecto.

500.9.1.3 Sobrelosas

Es un pavimento que está compuesto de losas de concreto hidráulico, convencional con juntas, reforzado o no, colocadas sobre un pavimento existente, que recibe un tratamiento previo. Las sobrelosas se clasifican, de acuerdo con el tipo de estructura existente sobre la cual se coloca de la siguiente manera.

500.9.1.3.1 Sobre pavimento de concreto, adheridas

Cuando las losas nuevas de concreto hidráulico se colocan sobre un pavimento de concreto existente y en el diseño se considera la adherencia entre estos. Se debe garantizar la adherencia tanto en la construcción como en la operación.

500.9.1.3.2 Sobre pavimento de concreto, no adheridas

Cuando las losas nuevas de concreto hidráulico se colocan sobre un pavimento de concreto existente. En los criterios de diseño no se considera la adherencia entre el concreto nuevo y el existente. No es necesario garantizar la adherencia ni durante la construcción ni en la operación, aunque se permite que se adhiera como factor de seguridad.

500.9.1.3.3 Sobre pavimento asfáltico, adheridas

Cuando las losas nuevas de concreto hidráulico se colocan sobre un pavimento asfáltico existente y en el diseño se considera la adherencia entre el concreto nuevo y el asfalto. Se debe garantizar la adherencia tanto en la construcción como en la operación.

500.9.1.3.4 Sobre pavimento asfáltico, no adheridas

Cuando las losas nuevas de concreto hidráulico se colocan sobre un pavimento asfáltico existente. En los criterios de diseño no se considera la adherencia entre concreto nuevo y el asfalto. No es necesario garantizar la adherencia ni durante la construcción, ni en la operación, aunque se permite que se adhiera como factor de seguridad.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

500.9.1.3.5 Sobre pavimento compuesto, adheridas

Cuando las losas nuevas de concreto hidráulico se colocan sobre un pavimento compuesto existente (pavimento de concreto antiguo y sobrecapa asfáltica antigua), y en el diseño se considera la adherencia entre el concreto nuevo y el asfalto. Se debe garantizar la adherencia tanto en la construcción como en la operación.

500.9.1.3.6 Sobre pavimento compuesto, no adheridas

Cuando las losas nuevas de concreto hidráulico se colocan sobre un pavimento compuesto existente (pavimento de concreto antiguo y sobrecapa asfáltica antigua). En los criterios de diseño no se considera la adherencia entre concreto nuevo y el asfalto. No es necesario garantizar la adherencia ni durante la construcción, ni en la operación, aunque se permite que se adhiera como factor de seguridad.

500.9.1.4 Pavimento continuamente reforzado (con limitaciones)

Es un pavimento que está compuesto de una losa de concreto hidráulico, sin juntas de contracción, pero que por consideraciones de esfuerzos en el concreto se requiere la colocación de un sistema de refuerzo corrugado, tanto en sentido longitudinal como transversal, ubicado en el sitio establecido en los documentos del proyecto.
Para este tipo de pavimento son aplicables los procedimientos establecidos en este artículo, con excepción de los capítulos de modulación, corte y sellado de juntas, y lo relacionado con los sistemas de transferencia de carga y amarre.

500.9.2 Otras definiciones

500.9.2.1 Material cementante

Un material cementante es aquel que tiene las propiedades de adhesión y cohesión necesarias para unir agregados y conformar una masa sólida de resistencia y durabilidad adecuada. Los principales cementantes son los cementos hidráulicos, algunas escorias y ciertos materiales con propiedades puzolánicas. De acuerdo con el grado de poder cementante y los requisitos específicos de las aplicaciones, estos cementantes se pueden utilizar en forma individual o combinados entre sí.

500.9.2.2 Adiciones suplementarias

Son materiales inorgánicos de origen natural o artificial que al ser incorporados en las mezclas cementicias (lechadas, morteros o concretos) o directamente durante la creación del cemento, permiten alcanzar mejoras tecnológicas de desempeño, ya sea en su estado fresco, durante su fraguado y/o en su estado endurecido (propiedades resistentes y durables).

Las adiciones suplementarias son materiales cementantes que tienen propiedades puzolánicas, hidráulicas, o ambas. Algunos ejemplos son las cenizas volantes (clases C y F según la NTC 3493/ASTM C618), el humo de sílice, las puzolanas naturales o calcinadas, las escorias cementantes (granulada y molida), metacaolín (arcilla calcinada), entre otros.

De acuerdo con la disponibilidad de materiales, las propiedades finales deseadas y las capacidades tecnológicas, se puede utilizar más de un tipo de adición suplementaria, en

forma combinada con los demás materiales. Los cementos «ternarios» son aquellos que contienen dos adiciones suplementarias diferentes en su composición, además del clínker, yeso y aditivos de proceso (si se usan). Los cementos «cuaternarios» son los que contienen tres adiciones principales más clínker, yeso y aditivos de proceso (si se usan).

Dependiendo de la naturaleza de la adición, estas pueden no solo contribuir con las propiedades de ganancia de resistencia del cemento, sino también con otras propiedades de las mezclas.

Tabla 500 — 14. Naturaleza de las adiciones suplementarias

Material	Naturaleza cementante o tipo de reacción
Puzolana natural (clase N) (Nota 1)	Puzolánica con cemento Portland
Ceniza volante silícea (clase F) (Nota 1)	Puzolánica con cemento Portland
Ceniza volante de alta cal (clase C) (Nota 1)	Puzolánica con cemento Portland, pero también ligeramente hidráulica
Escoria de alto horno granulada y molida	Potencialmente hidráulica
Humo de sílice (Nota 2)	Puzolánico con cemento Portland
Relleno calcáreo	Llenante con acción hidráulica ligera con cemento Portland
Metacaolín (arcilla calcinada)	Puzolánica con cemento Portland

Nota 1: clasificación de acuerdo con la NTC 3493 (ASTM C618).

Nota 2: debe cumplir lo establecido en la norma técnica ASTM C1240.

500.9.2.3 Adiciones complementarias

Son materiales que se incorporan a las mezclas de concreto para mejorar o modificar otras prestaciones del concreto diferentes a las características cementantes o de actividad hidráulica que sí ofrecen las adiciones suplementarias.

Las adiciones complementarias pueden ser fibras, pigmentos, llenantes, polímeros, entre otras.

- Las fibras para el concreto consisten en elementos de corta longitud y pequeña sección que son incorporados a su masa con el objetivo de mejorar algunas de sus prestaciones, tanto en estado fresco como una vez endurecido. Estas fibras generalmente son de acero, sintética, vidrio (protegida al álcalis), o su combinación, disponibles en una amplia variedad de formas, tamaños y espesores.
- La utilización de fibras contribuye a modificar el comportamiento del concreto, ya sea para disminuir la fisuración, modificar la resistencia, conceder ductilidad, reemplazar parcialmente el refuerzo o aumentar la durabilidad, las que sean aplicables según el diseño. Es conveniente que se determinen

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

la dosificación y el tipo de fibras por utilizar, dependiendo de las normas que las estipulan, para que de este modo se logre proporcionar la funcionalidad del material en los diferentes espacios y a su vez se garantice un adecuado desempeño de la estructura.

- Los pigmentos son partículas de polvo más fino que el cemento, químicamente inertes, insolubles en agua y resistentes a la alcalinidad del cemento; crean un color en el concreto, y pueden ser naturales o sintéticos. Un buen color depende de la pureza del pigmento, del porcentaje de la sustancia colorante, de su finura y su granulometría. Se recomienda no pasar del diez por ciento (10 %) de pigmentos en la mezcla para no tener exceso de partículas finas.
- Los llenantes son materiales inertes químicamente conocidos como rellenos que fomentan la densificación de la pasta de cemento o pueden tener un efecto físico, contribuyendo a la dispersión de los granos de cemento, a la vez que actúan como centros de nucleación, facilitando mejores condiciones para la hidratación y el desarrollo de resistencia a edad temprana.

500.9.2.4 Norma sismo resistente (NSR)

Es el Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente encargado de regular las condiciones con las que deben contar las construcciones, con el fin de que la respuesta estructural a un sismo sea favorable.

ITEM 4,5 - CONSTRUCCIÓN DE RAMPA DE ACCESO EN CONCRETO 3,8 MPA, ESPESOR DE 10 CENTÍMETROS DE ACUERDO A ESPECIFICACIONES DE DISEÑO (Especificación INVIAS ART.630)

Concreto estructural

Artículo 630 – 22

630.1 Descripción

Esta especificación consiste en el suministro de materiales, fabricación, transporte, colocación, vibrado, curado y acabado de los concretos de material cementante de tipo hidráulico, utilizados para la construcción de puentes, estructuras de drenaje, muros de contención y estructuras en general, de acuerdo con los documentos del proyecto.

Algunos elementos o estructuras de concreto deben cumplir adicionalmente las especificaciones del Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) realizadas para un fin específico. A continuación, se presenta una lista de dichas especificaciones disponibles por tipo de estructura o elemento:

- Artículo 500, Pavimento de concreto hidráulico.
- Artículo 505, Base de concreto hidráulico.
- Artículo 510, Pavimento de adoquines de concreto.
- Artículo 620, Pilotes prefabricados de concreto.
- Artículo 621, Pilotes preexcavados.
- Artículo 632, Barandas de concreto.
- Artículo 660, Tubería de concreto simple.
- Artículo 661, Tubería de concreto reforzado.
- Artículo 671, Cunetas revestidas en concreto.
- Artículo 672, Bordillos en concreto.
- Artículo 680, Muros de tierra estabilizada mecánicamente con paneles de concreto.
- Y todas las demás estructuras de concreto estructural reglamentadas en las especificaciones INVÍAS.

630.2 Materiales

630.2.1 Concreto estructural

Está conformado por una mezcla homogénea de material cementante, agregados, agua, aditivos y eventualmente adiciones suplementarias y/o complementarias; materiales que deben cumplir los requisitos básicos que se mencionan a continuación.

630.2.1.1 Cemento hidráulico

El cemento hidráulico y su suministro deben cumplir el artículo 501, Suministro de cemento hidráulico. Se pueden utilizar cementos bajo la denominación ASTM C150 y ASTM C595.

El constructor debe presentar los resultados de todos los ensayos físicos relacionados con el material cementante, como parte del diseño de la mezcla. De igual forma, todo material cementante usado en obra debe ser de la misma marca, tipo y planta de fabricación al empleado en el diseño de la mezcla. Es posible emplear diferentes tipos de material cementante siempre que se cuente con el diseño de la mezcla, mezclas de prueba y la aprobación del interventor.

Si por alguna razón el material cementante ha fraguado parcialmente o contiene terrones del producto endurecido, no se puede utilizar. Tampoco se debe utilizar el material cementante sobrante en bultos abiertos en jornadas anteriores, cuando este sea suministrado en bolsas.

630.2.1.2 Adiciones suplementarias

Cuando la adición suplementaria es incluida como materia prima para la fabricación del clínker o incluida durante la fabricación del cemento, se debe verificar que el material cementante resultante cumpla las exigencias de la NTC 121.

En caso de que la adición suplementaria sea incluida en la elaboración del concreto por parte del constructor o proveedor del concreto, se deben presentar los resultados de todos los ensayos físicos y químicos relacionados con las adiciones suplementarias, como parte del diseño de la mezcla. Las cenizas volantes y puzolanas naturales calcinadas o crudas deben satisfacer las exigencias de la NTC 3493 (ASTM C618) o ACI 232.1R, Reporte sobre el uso de puzolanas naturales o procesadas en concreto; las escorias de alto horno la NTC 4018 (ASTM C989) o ACI 233R, Escoria en concreto y mortero; y el humo de sílice la norma ASTM C1240.

No se permite el uso de otros tipos de adiciones diferentes a las mencionadas anteriormente.

No se deben utilizar adiciones suplementarias que presenten grumos o indicios de prehidratación. Se debe garantizar que la adquisición de la adición suplementaria cumpla los requisitos legales ambientales vigentes.

630.2.1.3 Agregados

En el presente numeral, se especifican los requisitos de los agregados para concreto estructural. Se permite el uso de agregados gruesos reciclados de tipo RCD (Residuos de Construcción y Demolición) si se comprueba que el desempeño de estos es, como mínimo, igual o mejor que el de los agregados gruesos que cumplen los requisitos de este artículo y son aprobados por el interventor.

Para la elaboración del concreto estructural, la cantidad de agregado grueso reciclado por adicionar en la mezcla de concreto no debe superar el diez por ciento (10 %) en peso sobre el contenido total de agregado grueso. En todos los casos en que se use se debe demostrar que no se afectan las condiciones de durabilidad del concreto.

Aparte de los requisitos presentados en este numeral, durante la selección y la caracterización de los agregados, se debe realizar la evaluación de la reactividad y el diseño de la mitigación de la reacción álcali-agregado descrito en el numeral 630.2.6.1.3.

Se debe garantizar que la adquisición del agregado cumpla los requisitos legales ambientales vigentes. Los documentos como títulos, licencias y permisos se deben entregar al interventor.

630.2.1.3.1 Agregado fino

Se considera como tal, a la fracción que pase el tamiz de 4,75 mm (nro. 4). Debe provenir de arenas naturales o de la trituración de rocas, gravas, escorias siderúrgicas u otro producto que resulte adecuado, a criterio del interventor. Cuando las arenas son de origen calizo,

el porcentaje de arena de trituración no puede constituir más del quince por ciento (15 %) del agregado fino, o hasta el treinta por ciento (30 %) si con un programa experimental aprobado por el interventor se demuestra que no tienen incidencia en el comportamiento del concreto en estado endurecido.

Si en la mezcla se emplean arenas provenientes de escorias siderúrgicas, se debe comprobar que no contengan silicatos inestables ni compuestos ferrosos, ni cualquier otro material que genere algún mecanismo de daño en el concreto o disminución de la resistencia.

El agregado fino debe cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 630 — 1 y su gradación se debe ajustar a la indicada en la Tabla 630 — 2.

En ningún caso, el agregado fino puede tener más de cuarenta y cinco por ciento (45 %) de material retenido entre dos tamices consecutivos de los mostrados en la Tabla 630 — 2.

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 criterio del interventor, que hay una evidencia adecuada de comportamiento satisfactorio de concretos del mismo tipo y para el mismo uso, construidos con ese agregado.

Tabla 630 — 1. Requisitos del agregado fino para concreto estructural

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Composición		
Granulometría: - Análisis granulométrico de los agregados finos - Material que pasa tamiz de 0,075 mm (nro.200)	 E-213 E-214	 Ver Tabla 630 — 2
Módulo de finura (Nota 1)	E-213	2,3 — 3,1
Durabilidad (O)		
Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota 2): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	 10 15
Limpieza (F)		
Terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%). (Nota 3)	E-211	3
Partículas livianas, máximo (%): - Cuando la apariencia superficial del concreto sea de importancia, máximo (%) - Todos los demás concretos, máximo (%)	E-221	 0,5 1,0
Contenido de materia orgánica (F)		
Color más oscuro permisible	E-212	Igual al color de referencia o de la placa orgánica nro. 3

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Características químicas (O)		
Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^=$, máximo (%)	E-233	1,2

Nota 1: adicional a esta especificación, es necesario probar el comportamiento competente del material en obras ya construidas. Durante el período de construcción no se permiten 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. Cuando se presenten variaciones superiores del módulo de finura, se debe revisar que no haya modificaciones a la curva adoptada de trabajo y se deben chequear afectaciones en los diseños. Si hay variaciones, se debe ajustar una nueva curva de trabajo y se debe corregir el diseño en caso de que haya lugar.

Nota 2: el ensayo se puede realizar con sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

Nota 3: el porcentaje de terrones de arcilla y partículas deleznables puede ser hasta de un tres por ciento (3 %) siempre y cuando no afecte la durabilidad y la resistencia del concreto.

Si el agregado fino no cumple el requisito indicado en la Tabla 630 — 1 para el contenido de materia orgánica, se puede 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 días (7 d) no menor de noventa y cinco por ciento (95 %), calculada de acuerdo con el procedimiento descrito en la norma de ensayo ASTM C87.

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	0,600	0,300	0,150	0,075
	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 8	Nro. 16	Nro. 30	Nro. 50	Nro. 100	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)							
Única	100	95 — 100	80 — 100	50 — 85	25 — 60	5 — 30	0 — 10	0 — 3 (Nota 1 y Nota 2)

Nota 1: para concretos que no estén sometidos a abrasión, el límite para el material más fino que el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) debe ser de máximo cinco por ciento (5 %).

Nota 2: para finos obtenidos de trituración u otros agregados reciclados, si el material más fino que el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) compuesto de polvo de trituración, esencialmente libre de arcillas o esquistos, este límite puede ser cinco por ciento (5 %) para concretos sometidos a abrasión y máximo siete por ciento (7 %) para concretos no sujetos a abrasión.

630.2.1.3.2 Agregado grueso

Se denomina agregado grueso la porción del agregado retenida en el tamiz de 4,75 mm (nro. 4). Dicho agregado debe estar compuesto de grava, grava triturada o roca triturada o su combinación o concreto triturado fabricado con cemento hidráulico que cumpla los requisitos para el agregado de este artículo. Sus fragmentos deben ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Debe estar exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan afectar adversamente la calidad de la mezcla. No se permite la utilización de agregado grueso proveniente de escorias de alto horno.

El agregado grueso debe cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 630 — 3 y su gradación se debe ajustar a alguna de las indicadas en la Tabla 630 — 4. La gradación por utilizar es la especificada en los documentos del proyecto para cada tipo de concreto, cuyo tamaño máximo depende de la estructura que se trate, la separación del refuerzo y el tipo de concreto especificado.

La curva granulométrica obtenida al mezclar los agregados grueso y fino en el diseño y construcción del concreto debe ser continua y asemejarse a las teóricas obtenidas al aplicar las fórmulas de Fuller, Bolomey o cualquier otro método validado por alguna institución técnica de reconocido prestigio nacional o internacional y aprobado por el interventor.

Optimización granulométrica: en caso de no cumplir los requisitos propuestos por algunas de las metodologías de dosificación mencionadas anteriormente, se pueden realizar optimizaciones granulométricas con base en métodos de empaquetamiento granular. El constructor debe revisar la propuesta con aprobación del interventor, mediante la elaboración de mezclas de prueba, con el fin de comprobar que las características proporcionadas en el diseño cumplan los requisitos del concreto tanto en estado fresco como en estado endurecido para el proyecto en particular.

Tabla 630 — 3. Requisitos del agregado grueso para concreto estructural

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de Los Ángeles, máximo (%): - En seco, 500 revoluciones, máximo (%) - En seco, 100 revoluciones, máximo (%)	E-218	 40 8
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota 1): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	 12 18

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Limpieza (F)		
Terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%). (Nota 2)	E-211	3
Partículas livianas, máximo (%)	E-221	0,5
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 $SO_4^=$, máximo (%)	E-233	1,0

Nota 1: el ensayo se puede realizar con sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

Nota 2: para concreto arquitectónico, el límite máximo es dos por ciento (2 %).

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

Tabla 630 — 4. Franjas granulométricas de agregado grueso para concreto estructural

Tipo de gradación		Tamiz (mm / U.S. *Standard*)													
		100	90	75	63	50	37,5	25,0	19,0	12,5	9,5	4,75	2,36	1,10	0,3
INVÍAS	**ASTM C33**	4 Pulgadas	3 ½ Pulgadas	3 Pulgadas	2 ½ Pulgadas	2 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	3/4 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 8	Nro. 16	Nro. 50
		Pasa tamiz (%)													
	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 — 100	10 — 40	0 — 10	0 — 5
	89	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90 — 100	20 — 55	5 — 30	0 — 10	0 — 5
	8	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 — 100	10 — 30	0 — 10	0 — 5	-
AG-19	**7**	-	-	-	-	-	-	-	100	90 — 100	40 — 70	0 — 15	0 — 5	-	-
AG-25	**67**	-	-	-	-	-	-	100	90 — 100	-	20 — 55	0 — 10	0 — 5	-	-
	6	-	-	-	-	-	-	100	90 — 100	20 — 55	0 — 15	0 — 5	-	-	-
AG-38	**57**	-	-	-	-	-	100	95 — 100	-	25 — 60	-	0 — 10	0 — 5	-	-
	56	-	-	-	-	-	100	90 — 100	40 — 85	10 — 40	0 — 15	0 — 5	-	-	-
	5	-	-	-	-	-	100	90 — 100	20 — 55	0 — 10	0 — 5	-	-	-	-
AG-50-1	**467**	-	-	-	-	100	95 — 100	-	35 — 70	-	10 — 30	0 — 5	-	-	-
AG-50-2	**4**	-	-	-	-	100	90 — 100	20 — 55	0 — 15	-	0 — 5	-	-	-	-
AG-63-1	**357**	-	-	-	100	95 — 100	-	35 — 70	-	10 — 30	-	0 — 5	-	-	-
AG-63-2	**3**	-	-	-	100	95 — 100	35 — 70	0 — 15	-	0 — 5	-	-	-	-	-
	2	-	-	100	90 — 100	35 — 70	0 — 15	-	0 — 5	-	-	-	-	-	-
	1	100	90 — 100	-	25 — 60	-	0 — 15	-	0 — 5	-	-	-	-	-	-

El tamaño máximo nominal del agregado grueso no debe tener un valor mayor que ninguno de los siguientes:

- 1/5 de la menor separación entre los lados del encofrado.
- 1/3 de la altura de la losa.
- 3/4 del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones individuales, paquetes de tendones o ductos.

Los valores límite de tamaño máximo nominal se pueden omitir, si el interventor lo aprueba y el profesional facultado para diseñar la mezcla y los métodos de compactación del concreto garantizan la colocación sin hormigueros o vacíos.

630.2.1.3.3 Agregado liviano

El agregado liviano y el concreto estructural liviano deben cumplir lo requerido en la NTC 4045 (ASTM C330). Cuando el agregado liviano se utilice para realizar curado interno, debe cumplir lo establecido en la norma ASTM C1761.

630.2.1.3.4 Agregado para concreto ciclópeo

El agregado ciclópeo debe ser roca triturada o canto rodado de buena calidad, preferiblemente angular y su forma tendiente a ser cúbica. La relación entre las dimensiones mayor y menor de cada piedra no debe ser mayor que dos a uno (2:1).

El tamaño máximo admisible del agregado ciclópeo depende del espesor y del volumen de la estructura de la cual forma parte. En cabezales, aletas y obras similares con espesor no mayor de ochenta centímetros (80 cm) se admiten agregados ciclópeos con dimensión máxima de treinta centímetros (30 cm). En estructuras de mayor espesor se pueden emplear agregados de mayor tamaño, previa aprobación del interventor y con las limitaciones establecidas en el numeral 630.4.8.4.

El material constitutivo del agregado ciclópeo no puede presentar un desgaste mayor de cuarenta por ciento (40 %), al ser sometido a la prueba en la máquina de Los Ángeles, según la norma de ensayo INV E-219 (NTC 93).

630.2.1.4 Agua

El agua que se emplee para las mezclas de concreto hidráulico o para el curado de las estructuras de concreto, debe cumplir los requisitos de la norma ASTM C1602. No debe contener aceites, ácidos, azúcares, detergentes, sólidos disueltos, sales, materia orgánica o cualquier otra sustancia perjudicial para el concreto terminado. En cualquier caso, se deben cumplir los requisitos dados en la Tabla 630 — 5 y en la Tabla 630 — 6.

Tabla 630 — 5. Requisitos para el agua de mezclado

Propiedad	Norma de ensayo	Límites
pH, mínimo	NTC 3651 (ASTM D1293)	6,5
Resistencia a la compresión en cubos de mortero, porcentaje (%) mínimo en control a siete días (7 d)	NTC 220 (ASTM C109)	90
Tiempo de fraguado, desviación respecto del tiempo de control (horas:minutos)	NTC 118 (ASTM C403)	de 1:00 inicial a 1:30 final

Para aprobar el agua con la que se piensa preparar la mezcla de concreto se deben realizar dos series de ensayos sobre cubos de mortero, según la NTC 220 (ASTM C109). En la primera serie se preparan los cubos de mortero con el agua que se desea emplear en la obra, mientras que en la segunda serie se utiliza agua destilada. Las resistencias promedio a la compresión a la edad de siete días (7 d) del mortero con el agua que se desea emplear en la obra deben ser superiores al noventa por ciento (90 %) de las obtenidas con el agua destilada.

En relación con el requisito sobre tiempo de fraguado, las medidas se realizan mediante la resistencia a penetración de morteros extraídos de muestras de concreto, elaboradas como se describió en el párrafo anterior.

Tabla 630 — 6. Límites químicos para el agua de mezclado

Contaminante	Norma de ensayo ASTM	Límite máximo (ppm) (Nota 1)
Ion Cloro (Cl^-)	C114	500 (Nota 2) o 1 000 (Nota 3)
Sulfatos ($SO_4^=$)	C114	3 000
Álcalis como (Na_2O + 0,658 K_2O). (Nota 4)	C114	600
Sólidos totales	C1603	50 000

Nota 1: ppm corresponde a partes por millón.

Nota 2: concreto pretensado.

Nota 3: concreto reforzado.

Nota 4: se pueden emplear también las normas ASTM D4191 y ASTM D4192.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

630.2.1.5 Aditivos y adiciones complementarias

Se pueden usar aditivos y adiciones complementarias de reconocida calidad que cumplan los requisitos normativos correspondientes, para modificar las propiedades del concreto, con el fin de que sea más adecuado para las condiciones particulares de la estructura a construir.

Los aditivos reductores de agua y para control de fraguado deben cumplir los requisitos de la NTC 1299 (ASTM C494). Los inclusores de aire se deben ajustar a las exigencias de la norma ASTM C260. El concreto reforzado con fibras debe cumplir los requisitos de la NTC 5541 (ASTM C1116). Los pigmentos utilizados en concretos, con el propósito de producir mezclas coloreadas integralmente, deben cumplir la norma ASTM C979. Adicionalmente, se permite el uso de todos los aditivos que cumplan ACI 212.3R, Reporte de aditivos químicos para el concreto.

Su empleo se debe 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 las adiciones complementarias deben 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.

Los aditivos que contengan altos contenidos de cloruros no deben ser adicionados al concreto reforzado, concreto preesforzado, concreto que contengan aluminio embebido o en concreto construido con encofrados permanentes de acero, a menos que se demuestre experimentalmente que no se afecta su durabilidad y sean aprobados por el interventor. También, se prohíbe el uso de aditivos ricos en álcalis solubles para la elaboración de cualquier tipo de concreto, a menos que se demuestre experimentalmente que no se afecta la durabilidad del concreto y sean aprobados por el interventor.

Para la validación de los aditivos y adiciones complementarias se deben realizar mezclas de prueba con los materiales por usar, en las cantidades establecidas para la mezcla en obra y en las condiciones específicas de sitio a las que está expuesta la estructura. Para establecer la dosis del aditivo se deben realizar mezclas de prueba con el fin de verificar el desempeño requerido. Las dosis ensayadas y aprobadas no se deben modificar a menos que se realicen nuevamente mezclas de prueba y se verifique el desempeño requerido.

Para todo aditivo o adición complementaria que se utilice como parte del diseño de la mezcla de concreto, el constructor debe presentar los resultados de todos los ensayos físicos y químicos que sean requeridos según el material y deben ser aprobados por el interventor.

El uso del aditivo es responsabilidad directa del constructor, así haya sido aprobado por el interventor.

El uso de aditivos y adiciones complementarias de cualquier naturaleza en las mezclas de concreto debe ser probado bajo las condiciones específicas del sitio de obra, de tal manera que se demuestre que no se afectan las propiedades y las características del concreto y se obtiene el desempeño deseado.

El proveedor debe suministrar un documento en donde se presenten las recomendaciones de uso del aditivo. El seguimiento, almacenamiento y demás requisitos para el uso del aditivo se deben realizar siguiendo el documento con las recomendaciones del proveedor.

630.2.2 Acero

En los documentos del proyecto se debe indicar el acero de refuerzo necesario para las diferentes estructuras de concreto. Al respecto, se deben cumplir los requisitos del artículo 640, Acero de refuerzo.

Para elementos preesforzados, el suministro, la colocación y el tensionamiento de acero de preesfuerzo, se debe dar cumpliendo a los requisitos del artículo 641, Acero de preesfuerzo.

Se deben tomar todas las medidas necesarias para evitar la corrosión del acero de refuerzo, tales como:

- Almacenar adecuadamente el acero y evitar su contacto con la humedad.
- Limitar el contenido total de cloruros en la mezcla de concreto, según las tablas de tipo de exposición y requisitos presentadas en este artículo.
- Garantizar que los recubrimientos cumplen los requisitos mínimos de diseño.
- Dosificar mezclas con relaciones agua/material cementante (a/mc) bajas que promuevan concretos densos y de baja permeabilidad.
- En vez de acero (barras, mallas, fibras) utilizar otros materiales que no sean afectados por los cloruros. Se debe establecer por parte del diseñador y el interventor la viabilidad de esta medida.
- Recubrir el acero con materiales que sirvan como barrera física a los agentes agresivos. Se debe establecer por parte del diseñador y el interventor la viabilidad de esta medida.

El concreto reforzado con fibras debe cumplir los siguientes requisitos:

- Las fibras deben cumplir la norma ASTM C1116.
- Se debe aplicar el método de ensayo presentado en la norma ASTM C1609.
- El tipo de fibra, la cantidad y las características de colocación de las fibras deben ser determinadas por el diseñador, esto debe quedar registrado en los documentos del proyecto y debe ser cumplido en obra.

630.2.3 Productos para el curado del concreto

El curado del concreto debe seguir los lineamientos de la guía ACI 308R, Guía para curado del concreto.

Este se puede llevar a cabo a través de:

- Métodos que mantienen un ambiente húmedo mediante la aplicación continua o frecuente de agua por medio de inundación, rociado, nebulización o cubiertas húmedas saturadas.
- Métodos que mantienen la presencia de parte del agua de mezclado de concreto, durante el periodo inicial de endurecimiento, mediante materiales que sellan la superficie expuesta, tales como láminas impermeables de papel o plástico o con la aplicación de compuestos químicos para formar membranas impermeables de curado.

- Métodos que aceleran la ganancia de resistencia suministrando calor y humedad adicional al concreto, esto se logra normalmente con la aplicación de vapor de agua directo, serpentines de calentamiento embebidos en el concreto o formaletas calentadas eléctricamente.
- Otros métodos que fomentan la retención del agua dentro del concreto mediante la utilización de productos químicos dentro de la masa, desde que no se afecten las propiedades establecidas para el concreto.

En caso de usar láminas de curado que pueden ser de polietileno blanco o de papel, se debe cumplir la norma ASTM C171. En caso de usar membranas de curado se debe cumplir la norma ASTM C309. El agua usada para el curado debe cumplir los requisitos del numeral 630.2.1.4 y no debe ser más fría en once grados Celsius (11 °C) que la temperatura interna del concreto.

Para cualquier metodología de curado que se realice en la estructura se debe hacer curado estándar y curado en campo, conforme lo establecido en la norma INV E-420/NTC 550, es decir, así como se toman muestras para el control de la calidad de la mezcla, se deben preparar y curar especímenes en las condiciones de la obra (elementos cerca de la estructura) para determinar la eficiencia del curado y la protección del concreto de la estructura.

La efectividad de los productos para el curado del concreto se debe demostrar mediante experiencias previas exitosas o ensayos al inicio de la colocación del concreto.

630.2.4 Productos para las juntas

Cuando el diseño lo requiera en los documentos del proyecto, el diseñador debe proporcionar la ubicación y los detalles de todas las juntas de construcción, contracción y dilatación, estos detalles deben ser seguidos por el constructor en obra. El material utilizado para la elaboración de las juntas debe ser aplicado o instalado según las recomendaciones consignadas en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante. Los productos para juntas deben cumplir los requisitos del artículo 500.

630.2.5 Resina polimérica y material para reparación parcial de estructuras en concreto

Cuando se trate de anclaje de barras, reparación de fisuras y puente de adherencia para reparaciones, se debe usar un material que cumpla los requisitos establecidos en la norma ASTM C881. La selección del tipo de resina epóxica debe estar en función del tipo de adherencia, el grado de viscosidad (baja, media o alta), la clase (rangos de temperatura para su aplicación) y el color que estén planteados en los documentos del proyecto.

En anclajes con consideraciones de riesgo sísmico o concreto fisurado se deben considerar anclajes de resinas epóxicas que estén acorde con la ACI 355.4, Calificación de anclajes adhesivos post-instalados en concreto.

Para la reparación de desportillamientos y para el tratamiento de juntas de emergencia, se debe utilizar un mortero base cemento de alta especificación que cumpla los requisitos de la norma ASTM C928 tipo 3.

En todo caso, las resinas poliméricas y los materiales para la reparación parcial de estructuras en concreto deben ser aprobados por el interventor.

630.2.6 Requisitos de durabilidad, resistencia y clase del concreto

El diseño de mezcla de cada tipo de concreto debe cumplir todos los requisitos de:

- Durabilidad
- Clase de concreto
- Resistencia

Para ello, se deben tomar como requisitos límite, los parámetros más conservadores de estos tres aspectos.

Una vez definido el diseño de la mezcla de cada tipo de concreto por usar en obra, se debe entregar al interventor la caracterización de la mezcla de concreto, entre los documentos del proyecto. Cada tipo de concreto debe estar caracterizado, como mínimo, con los siguientes parámetros:

- Tipo de uso: concreto pretensado, postensado, reforzado, liviano, simple o ciclópeo.
- Tipo de colocación especial, si es aplicable. Por ejemplo: para instalar con bomba, para instalar bajo agua (tremie).
- Categoría y clase de exposición: se debe definir de acuerdo con el numeral 630.2.6.1.
- Reactividad álcali-sílice y álcali-carbonato.
- Requisitos asociados a la clase de exposición, según el numeral 630.2.6.1: relación a/mc, resistencia mínima a la compresión, contenido de aire y tipo de material cementante, entre otros.
- Tipo de cemento hidráulico y adiciones suplementarias, 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 y adiciones complementarias, en el caso de ser requeridas.
- Tamaño máximo y tipo de gradación del agregado grueso.
- Relación a/mc, valor máximo.
- Mínima resistencia a la compresión (norma de ensayo INV E-410/NTC 673) para una edad específica.
- Asentamiento (norma de ensayo INV E-404/NTC 396), intervalo de valores, pero en caso de mezclas muy fluidas se debe realizar el ensayo para medir el flujo libre (NTC 5222).
- Contenido de aire (norma de ensayo INV E-406/NTC 1032), intervalo de valores.
- En caso de usar concretos especiales, se debe determinar el método constructivo.

630.2.6.1 Durabilidad

El concreto hidráulico se debe diseñar para las resistencias especificadas en los documentos del proyecto y para requisitos de durabilidad, según las condiciones de exposición. Además, se debe tener en cuenta el tipo de refuerzo de la estructura, especialmente en relación con los requisitos de corrosión del acero.

El diseño por durabilidad se puede hacer de manera prescriptiva o por desempeño verificado, según se explica a continuación. Así mismo, no se pueden combinar los dos métodos en el diseño. Si ambos llegaran a quedar especificados, deben prevalecer para el diseño los requisitos más exigentes.

Es responsabilidad del diseñador establecer los requisitos de durabilidad aplicables, con base en las condiciones de exposición (FSPC) de la estructura de concreto hidráulico, tanto para métodos prescriptivos como para métodos por desempeño verificado. El constructor puede optar por construir la obra utilizando uno u otro método.

630.2.6.1.1 Método prescriptivo

Se deben definir las condiciones de exposición de la estructura de concreto y clasificarla según la categoría y grado de severidad, con el objetivo de determinar los requisitos por durabilidad que debe cumplir la mezcla.

El diseñador debe consignar en los documentos del proyecto, las categorías de exposición de forma completa según la Tabla 630 — 7.

Por ejemplo, F0S1P0C2, para un concreto que no está expuesto a ciclos de congelamiento y descongelamiento (F0), con exposición moderada a sulfatos (S1), sin requisitos de permeabilidad (P0), y concreto reforzado que está expuesto a la humedad y a fuentes externas de cloruros (C2).

Sin importar los requisitos dados por el tipo de exposición o resistencia, se deben cumplir los requisitos de material cementante, expresados como el cemento hidráulico más los cementantes suplementarios (puzolanas), de acuerdo con lo establecido en la Tabla 630 — 7.

La Tabla 630 — 7 presenta las categorías y las clases de exposición para las estructuras de concreto hidráulico. Como una estructura puede estar expuesta a dos o más categorías de exposición, se deben aplicar los requisitos prescriptivos más estrictos que se especifican para cada requisito de formulación (relación a/mc; $f'c$, y requisitos adicionales, tipo de cementantes, etc.).

Se deben aplicar los criterios de exposición para corrosión solo para estructuras de concreto hidráulico reforzado con acero, como mallas de refuerzo, macrofibras y microfibras de acero, barras de refuerzo, entre otros.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

Tabla 630 — 7. Categorías de exposición, severidad y requisitos prescriptivos para el diseño por durabilidad del concreto

Categoría	Severidad	Clase	Condición	Rel. a/mc máx. (Nota 9)	*f´c* mín. (MPa)	Requisitos mínimos adicionales	
						Contenido de aire	Límites en los cementantes
F Congelamiento y deshielo	No aplicable	F0	Concreto no expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo	-	17	-	-
	Moderada	F1	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo y exposición ocasional a la humedad	0,55	24	Tabla 630 – 8	-
	Severa	F2	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo y en contacto continuo con la humedad	0,45	31	Tabla 630 – 8	-
	Muy severa	F3	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo, que está en contacto continuo con la humedad y expuesto a productos químicos descongelantes	0,40	35	Tabla 630 – 8	Tabla 630 – 9

			Sulfatos solubles en agua (SO4) en el suelo, porcentaje (%) en peso (Nota 1)	Sulfato (SO4) disuelto en agua (ppm) (Nota 2)			Tipos de material cementante (Nota 3)			Uso de aditivo cloruro de calcio
							ASTM C150	ASTM C595	NTC 121	
S Sulfato	No aplicable	S0	$SO_4^= < 0,10$	$SO_4^= < 150$	N/A	17	Sin restricción en el tipo	Sin restricción en el tipo	Sin restricción en el tipo	Sin restricción
	Moderada	S1	$0,10 \leq SO_4^= < 0,20$	$150 \leq SO_4^= < 1\,500$	0,50	28	II (Nota 4 y Nota 5)	Tipos con designación MS	MS	Sin restricción

Categoría	Severidad	Clase	Condición		Rel. a/mc máx. (Nota 9)	*f´c* mín. (MPa)	Requisitos mínimos adicionales			
							Contenido de aire			Límites en los cementantes
			Sulfatos solubles en agua (SO4) en el suelo, porcentaje (%) en peso (Nota 1)	Sulfato (SO4) disuelto en agua (ppm) (Nota 2)			Tipos de material cementante (Nota 3)			Uso de aditivo cloruro de calcio
							ASTM C150	ASTM C595	NTC 121	
S Sulfato	Severa	S2	$0,20 \leq SO_4^{=} < 2,00$	$1\,500 \leq SO_4^{=} < 10\,000$	0,45	31	V (Nota 5)	Tipos con designación HS	HS	No se permite
	Muy severa	S3	$SO_4^{=} > 2,00$	$SO_4^{=} > 10\,000$	0,45	31	V más puzolanas o escoria (Nota 6)	Tipos con designación HS más puzolanas o escoria (Nota 6)	HS y puzolanas o escoria (Nota 6)	No se permite
P Concreto en contacto con el agua	No aplicable	P0	En contacto con el agua donde no se requiere baja permeabilidad		N/A	17	Ninguno			
	Requerida	P1	En contacto con el agua donde se requiere baja permeabilidad		0,50	28	Ninguno			
							Contenido máximo de iones de cloruro (Cl-) soluble en agua en el concreto, porcentaje por peso de cemento			Requisitos relacionados
							Concreto reforzado	Concreto preesforzado		
	No aplicable	C0	Concreto seco o protegido contra la humedad		N/A	17	1,00	0,06		Ninguno

Categoría	Severidad	Clase	Condición	Rel. a/mc máx. (Nota 9)	f´c mín. (MPa)	Requisitos mínimos adicionales		
						Contenido de aire		Límites en los cementantes
						Contenido máximo de iones de cloruro (Cl-) soluble en agua en el concreto, porcentaje por peso de cemento		Requisitos relacionados
						Concreto reforzado	Concreto preesforzado	
C Protección del refuerzo para la corrosión	Moderada	C1	Concreto expuesto a la humedad, pero no a una fuente externa de cloruros	0,50	17	0,30	0,06	Ninguno
	Severa	C2	Concreto expuesto a la humedad y a una fuente externa de cloruros provenientes de productos químicos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar o salpicaduras del mismo origen	0,40	35	0,15	0,06	(Nota 8)

Nota 1: el porcentaje en masa de sulfato en el suelo se debe determinar por medio de la norma ASTM C1580.

Nota 2: la concentración de sulfatos disueltos en agua en partes por millón, se debe determinar por medio de la norma ASTM D516 o la norma ASTM D4130.

Nota 3: se permiten combinaciones alternativas de materiales cementantes diferentes a los mencionados en la Tabla 630 – 7, siempre y cuando sean ensayados para comprobar la resistencia a los sulfatos y se cumplan los criterios de la Tabla 630 – 11.

Nota 4: para exposición al agua marina, son permitidos otros tipos de cemento Portland, con contenidos de hasta diez por ciento (10 %) de aluminato tricálcico (C3A) si la relación a/mc no excede cero coma cuarenta (0,40).

Nota 5: se permiten otros tipos de cemento como el tipo III o el tipo I en exposiciones clase S1 o S2, si el contenido de C3A es menor al ocho por ciento (8 %) o cinco por ciento (5 %), respectivamente.

Nota 6: la cantidad de fuente específica de puzolana o escoria que se use, no debe ser inferior a la cantidad que haya sido determinada, por experiencia en mejorar la resistencia a sulfatos, cuando se usa en concretos que contienen cemento tipo V. De manera alternativa, la cantidad de la fuente específica de puzolana o escoria usada, no debe ser menor a la cantidad ensayada, según la NTC 3330 (ASTM C1012) y debe cumplir los requisitos de la Tabla 630 – 11.

Nota 7: el contenido de iones cloruro, solubles en agua, provenientes de los ingredientes -incluyendo el agua-, agregados, materiales cementantes y aditivos de la mezcla de concreto, deben ser determinados según los requisitos de la NTC 4049 (ASTM C1218M), a edades que van de veintiocho días (28 d) a cuarenta y dos días (42 d).

Nota 8: se deben cumplir los requisitos de la NSR referentes a «Protección de concreto para el refuerzo: Pernos con cabeza para refuerzo de corte», «Protección de concreto para el refuerzo: Ambientes corrosivos» y «Protección contra la corrosión de tendones de preesforzado no adheridos».

Nota 9: los límites máximos de la relación a/mc no se aplican al concreto de peso liviano.

Como complemento de la Tabla 630 — 7, a continuación, se presentan requisitos adicionales para la exposición a congelamiento y deshielo en la Tabla 630 — 8. La tolerancia de aire incorporado debe ser de más o menos uno coma cinco por ciento (± 1,5 %). Para concretos de *f'c* mayores de treinta y cinco megapascales (35 MPa), los valores de la Tabla 630 — 8 se pueden reducir hasta en uno por ciento (1 %).

Tabla 630 — 8. Contenido total de aire para concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo

Tamaño máximo nominal del agregado (mm)	Contenido de aire (%)	
	Exposición Clase F1	Exposición Clases F2 y F3
9,5	6,0	7,5
12,5	5,5	7,0
19,0	5,0	6,0
25,0	4,5	6,0
37,5	4,5	5,5
50,0 (Nota)	4,0	5,0
75,0 (Nota)	3,5	4,5

Nota: estos contenidos de aire se aplican a la mezcla total. Al ensayar estos concretos, sin embargo, se retiran las partículas de agregado mayores de cuarenta milímetros (40 mm) sacándolas mediante tamizado y se determina el contenido de aire en la fracción tamizada (la tolerancia en el contenido de aire incorporado se aplica a ese valor). El contenido de aire de la mezcla total se calcula a partir del valor determinado en la fracción cribada que pasa el tamiz de 40 mm, indicado en la norma INV E-406/NTC 1032 (ASTM C231).

En la Tabla 630 — 9 se presenta el límite de materiales cementantes para concreto sometido a clase de exposición F3.

Tabla 630 — 9. Requisitos para concreto sometido a clase de exposición F3

Materiales cementantes	Porcentaje máximo sobre el total de materiales cementantes en peso (Nota 1)
Cenizas volantes u otras puzolanas que cumplen NTC 3493 (ASTM C618)	25
Escoria que cumple NTC 4018 (ASTM C989)	50
Humo de sílice que cumple ASTM C1240	10

Materiales cementantes	Porcentaje máximo sobre el total de materiales cementantes en peso (Nota 1)
Total de cenizas volantes u otras puzolanas, escoria y humo de sílice	50 (Nota 2)
Total de cenizas volantes u otras puzolanas y humo de sílice	35 (Nota 2)

Nota 1: el total de materiales cementantes también incluye cementos ASTM C150, ASTM C595, NTC 4578 (ASTM C845) y NTC 121. Los porcentajes máximos de esta tabla incluyen:
a. Cenizas volantes u otras puzolanas presentes en cementos adicionados tipo IP, según la norma ASTM C595 o NTC 121.
b. Escoria usada en la fabricación de cementos adicionados Tipo IS, según la norma ASTM C595 o NTC 121.
c. Humo de sílice, según la norma ASTM C1240, presente en cementos adicionados.

Nota 2: las cenizas volantes u otras puzolanas y el humo de sílice no deben constituir más del veinticinco por ciento (25 %) y diez por ciento (10 %).

Para el caso de elementos estructurales expuestos a condiciones ambientales, tales como obras hidráulicas y estructuras en contacto permanente con el agua, los requisitos de durabilidad son aplicables, a excepción de la relación a/mc y *f'c* mínimo para las clases de exposición presentadas en la Tabla 630 — 10. Para el caso de estructuras que están expuestas a condiciones de exposición severas, con presencia de agentes químicos concentrados, se deben cumplir ciclos de humedecimiento y secado, y ciclos de congelamiento y deshielo del concreto saturado en algunas regiones. La clase de exposición Q se refiere a concretos expuestos a químicos corrosivos.

Tabla 630 — 10. Requisitos de concreto adicionales para estructuras ambientales

Clase de exposición	Relación a/mc máx.	*f'c* mín. (MPa)
F3	0,42	31
S0	0,45	28
S1	0,42	31
S2	0,40	35
S3	0,40	35
P1	0,45	28
Q1	0,42	31

Adicionalmente, se deben cumplir los requisitos de juntas, protección contra la erosión y la protección contra químicos, presentados en la norma NSR para elementos ambientales.

630.2.6.1.2 Métodos por desempeño verificado

En caso de evaluar la durabilidad por el método de desempeño verificado, para exposiciones a sulfatos y al ion cloruro, el diseñador debe consignar en los documentos del proyecto los requisitos de diseño por desempeño verificado para los diferentes tipos de exposición, con base en los siguientes criterios: penetrabilidad al ion cloruro, en culombios (C), resistencia a sulfatos, en porcentaje (%) de expansión y permeabilidad al agua (NTC 4483). Se debe hacer la verificación experimental de los requisitos de durabilidad para el material colocado en obra.

No se establecen requisitos de contenido mínimo de cementante o de tipo de cemento, siempre y cuando se cumplan los requisitos de desempeño verificado y los requisitos de resistencia especificada para el concreto.

630.2.6.1.2.1 Exposición a sulfatos

Para la elaboración de concretos hidráulicos expuestos a sulfatos, provenientes del suelo, el agua freática y el agua marina, entre otras, se permite el uso de cualquier tipo de cemento que, solo o mezclado con un contenido mínimo de material suplementario, demuestre un valor máximo de expansión en relación con la severidad de la exposición, según el método de ensayo de la norma ASTM C1012 y lo establecido en la Tabla 630 — 11. No se permite la aprobación de la expansión a edades menores ni el uso de ecuaciones de proyección. En cuanto al diseño de la mezcla por exposición a sulfatos, se deben cumplir todos los requisitos limite dados en la Tabla 630 — 11.

Tabla 630 — 11. Requisitos del concreto con exposición de sulfatos

Tipo de exposición a sulfatos	Descripción	Sulfatos en el suelo, solubles en agua ($SO_4^=$), porcentaje (%) en peso	Sulfatos disueltos en agua (ppm)	Expansión según NTC 3330	Permeabilidad al agua según NTC 4483	*f´c*, mín. (MPa)	Uso de acelerantes basados en cloruros
S0	Sin requisitos	< 0,1	< 150	Sin requisitos	Media	28	Sin restricción
S1	Moderada	Entre 0,1 y 0,2	Entre 150 y 1 500	0,1 % a 6 meses	Media	31	Sin restricción
S2	Severa	Entre 0,2 y 2,0	Entre 1 500 y 10 000	0,5 % a 6 meses y 0,1 % a 1 año	Media	35	No se permite
S3	Muy severa	> 2,0	> 10 000	0,1 % a 18 meses	Baja	35	No se permite

Para la evaluación de la permeabilidad al agua se debe seguir lo indicado en la Tabla 630 — 12.

Tabla 630 — 12. Penetración de agua en el concreto según NTC 4483

Tipo de ensayo	Unidades	Permeabilidad		
		Baja	Media	Alta
Coeficiente de permeabilidad al agua	m/s	$< 10^{-12}$	Entre 10^{-12} y 10^{-10}	$> 10^{-10}$
Profundidad de penetración	mm	< 30	Entre 30 y 60	> 60

630.2.6.1.2.2 Penetración al ion cloruro

Para el caso de concreto que contenga acero de refuerzo, bien sea en barras, mallas, macrofibra, microfibra, entre otros, el diseño de la mezcla de concreto por desempeño verificado para la protección a la penetración del ion cloruro se puede realizar con base en la Tabla 630 — 13, de acuerdo con el tipo de exposición. El ensayo se debe realizar de acuerdo con la norma de ensayo ASTM C1202. Los requisitos de durabilidad por desempeño verificado para la corrosión del refuerzo requieren, sin embargo, el cumplimiento de los valores de resistencia a la compresión mínima y relación a/mc máxima de la Tabla 630 — 7.

Tabla 630 — 13. Requisitos de penetrabilidad a cloruros y tipo de exposición de concreto

Carga que pasa (C) ASTM C1202	Penetración de ion cloruro	Tipo de exposición del pavimento con elementos de acero (se excluyen los pasadores de transferencia)
> 4 000	Alta	Concretos sin exposición a cloruros.
Entre 2 000 y 4 000	Moderada	Concretos con exposición leve a cloruros en ambientes secos o interiores.
Entre 1 000 y 2 000	Baja	Concretos en exposición directa a agua marina, o freática con alto contenido de cloruros (severa).
Entre 100 y 1 000	Muy baja	Pavimentos reforzados y continuamente reforzados, expuestos de forma directa al agua con cloruros (severa). Pavimentos en puertos, puentes y viaductos.
< 100	Despreciable	Estructuras que si son dañadas generan grandes pérdidas económicas y/o ambientales irreparables.

630.2.6.1.3 Diseño para la mitigación de la reacción álcali-agregado

Sin importar el tipo de exposición del concreto, se debe evaluar y mitigar, de ser necesario, la reacción álcali-agregado según lo establecido en la norma ASTM C1778 y los demás requisitos del presente artículo.

630.2.6.1.3.1 Evaluación de la reacción álcali-carbonato

Si el agregado por utilizar en un proyecto proviene de una fuente que contiene material calcáreo, se debe caracterizar el potencial de reactividad álcali-carbonato con base en su composición química, particularmente el

contenido de magnesio (MgO), cal (CaO) y alúmina (Al_2O_3). Se debe determinar si la relación CaO/MgO a Al_2O_3 del agregado se encuentra entre los rangos de composición de los agregados que son considerados potencialmente expansivos según se muestra en la Figura 630 — 1.

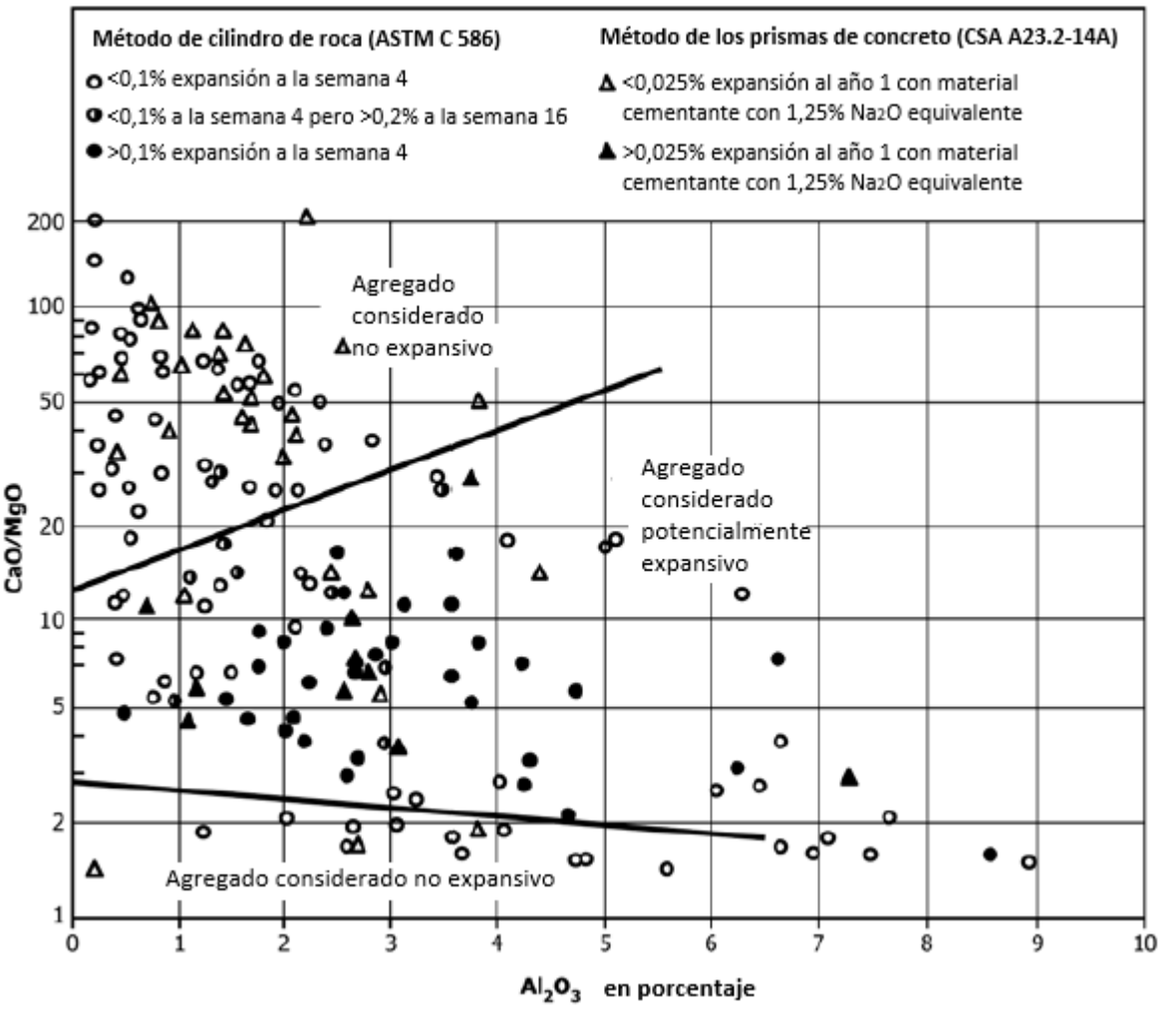


Figura 630 — 1. Franjas de composición para calificar el potencial de reacción álcali-carbonato de rocas calcáreas

Fuente: Figura adaptada de la norma ASTM C1778.

En cualquier caso, bien sea que el agregado se encuentre o no fuera de la franja de agregado potencialmente reactivo, el agregado calcáreo debe ser analizado para determinar su potencial, con el fin de desarrollar la reacción álcali-sílice y si esta se presenta, se debe proceder a su mitigación.

Si el agregado calcáreo se encuentra en el rango considerado potencialmente expan-

sivo para reacción álcali-carbonato, se debe ensayar utilizando el método de prismas de concreto por el método ASTM C1293 o por el método ASTM C1105, usando un contenido reducido de álcali (uno coma ocho kilogramos por metro cúbico (1,8 kg/m^3) para minimizar el riesgo de una expansión perjudicial como resultado de la reacción álcali-sílice). Según los resultados obtenidos en estos ensayos, se puede utilizar o no el agregado para la elaboración de concreto con base en los siguientes criterios:

- Cuando se usa solamente el método de la norma ASTM C1293 y con este se determina una expansión mayor que cero coma cero cuatro por ciento (0,04 %) a doce (12) meses, se debe realizar un análisis petrográfico para determinar si en el concreto hubo reacción álcali-carbonato y reacción álcali-sílice. Si el análisis petrográfico muestra que ocurrió reacción álcali-carbonato, solo o en combinación con reacción álcali-sílice, el agregado no puede ser utilizado para hacer concreto. Solo se puede usar el agregado si se implementa una explotación selectiva de la fuente, que demuestre que el nuevo agregado obtenido cumple los requisitos de expansión máxima por reacción álcali-carbonato.
- Cuando se usa el método ASTM C1105, el procedimiento se debe modificar de tal forma que el contenido de álcalis en el ensayo se mantenga por debajo de uno coma ocho kilogramos por metro cúbico (1,8 kg/m^3), para evitar que se genere reacción álcali-sílice. Si el resultado de expansión por este método es cero coma cero veinticinco por ciento (0,025 %) o mayor a los seis (6) meses, o cero coma cero tres por ciento (0,03 %) o mayor a los doce (12) meses, el agregado se considera reactivo y no se puede utilizar para hacer concreto. Los agregados calcáreos que muestren valores de expansión menores pueden ser utilizados para la elaboración de concreto. Aun si cumple este requisito, se debe evaluar el potencial de expansión por reacción álcali-sílice por el método ASTM C1260 o ASTM C1293, y de ser necesario, realizar la mitigación.

630.2.6.1.3.2 Evaluación de la reacción álcali-sílice

En el caso de la reacción álcali-sílice, se puede realizar la inspección petrográfica de los agregados al cumplir la norma ASTM C295, la cual sirve para determinar la presencia de sílice amorfa, sílice microcristalina, policristalina o criptocristalina.

La evaluación petrográfica, por sí sola, no se debe tomar como un indicativo de la reactividad de los agregados, la cual se debe analizar solamente por desempeño verificado.

La evaluación del potencial de expansión por reacción álcali-sílice se debe realizar según lo establecido en la NTC 6222 (ASTM C1260) (método de las barras de mortero) o, alternativamente, por la norma ASTM C1293 (método de los prismas de concreto). Para estas pruebas diagnósticas, solo se debe usar el cemento estándar (Portland Tipo I) definido por dichas normas. No se puede usar el cemento que se va a emplear en la obra. La calificación de reactividad de los agregados se realiza con base en los parámetros que se dan en la Tabla 630 — 14.

Tabla 630 — 14. Calificación de reactividad de los agregados

Norma	Material involucrado	Proceso	Requisito	Calificación	Valor
ASTM C1260	Agregados finos y gruesos. Solo se ensaya el agregado fino si ambos son de la misma fuente.	Diagnóstico de reactividad	Expansión en barras de mortero	Agregado inocuo	< 0,1 %
				Agregado potencialmente reactivo	≥ 0,1 %
				Agregado reactivo	≥ 0,2 %
ASTM C1567	Agregados finos y gruesos. Solo se ensaya el agregado fino si ambos son de la misma fuente. Cementante suplementario.	Mitigación de la reactividad	Expansión en barras de mortero	Mezcla mitigada	< 0,1 % a 16 días, si la curva de expansión tiene tendencia asintótica horizontal a los 16 días
ASTM C1293	Agregados finos y gruesos que se usan en la mezcla.	Diagnóstico de la reactividad	Expansión de los prismas de concreto	Potencialmente no reactivo	< 0,04 % a 1 año
				Potencialmente dañino	≥ 0,04 % a 1 año
	Agregados finos y gruesos, y cementante suplementario que se van a usar en la mezcla.	Mitigación de la reactividad	Expansión de los prismas de concreto	Mezcla mitigada	< 0,04 % a 2 años (Nota)

Nota: si no se cuenta con datos, se trabaja solo con las normas ASTM C1260 y ASTM C1567, como lo establece la norma ASTM C1778.

La mitigación de la reacción álcali-sílice mediante la aplicación de la norma ASTM C1567 o ASTM C1293, solo se puede realizar usando el cemento especificado en la norma de ensayo. No se admite el diseño de la mitigación usando el cemento de la obra.

El diseño de la mitigación se puede realizar mediante el método por desempeño verificado o el método prescriptivo, ambos descritos en la norma ASTM C1778 secciones 7, 8 y 9.

Cuando se emplee el método ASTM C1567 y se utilice, para la elaboración del concreto, agregado de diferentes fuentes, se debe mitigar la reacción álcali-sílice, con base en el material más reactivo. Además, para la mitigación de la reacción álcali-sílice se usan los criterios de diseño por el método prescriptivo o por el método de desempeño verificado que son detallados en la guía ASTM C1778.

630.2.6.1.3.3 Mitigación de reacción álcali-sílice por método prescriptivo

Para aplicar el criterio de diseño prescriptivo del método ASTM C1778 se deben tener en cuenta los siguientes requisitos:

- Emplear los valores de expansión por reactividad álcali-sílice de los agregados, según los resultados de la NTC 6222 (ASTM C1260) o ASTM C1293, o ambas.
- Determinar la ocurrencia de la reacción álcali-agregado en función de la exposición.
- Determinar la clase de severidad de las consecuencias en los casos que ocurra reacción álcali-sílice.
- Determinar el nivel de prevención requerido, con base en los resultados anteriores.
- Especificar con los requisitos más restrictivos.

630.2.6.1.3.4 Mitigación de reacción álcali-sílice por el método de desempeño verificado

En el caso del diseño de la mitigación de la reacción álcali-sílice por el método de desempeño verificado, se deben conocer los valores de expansión de los agregados por la NTC 6222 (ASTM C1260) o ASTM C1293 o ambas cuando estén disponibles. Es decir, con los resultados de los ensayos se determina la reactividad del material y se procede a diseñar directamente la mitigación. Uno de los métodos de mitigación es emplear material cementante suplementario, determinando la cantidad por los métodos de la ASTM C1567 o ASTM C1293.

630.2.6.2 Clases de concreto

Para el caso de puentes, estructuras auxiliares de puentes, estructuras hidráulicas de la infraestructura vial y muros de contención se debe definir la clase de concreto por usar, de acuerdo con la clasificación en la Norma Colombiana de Diseño de Puentes (CCP).

Una vez determinada la clase del concreto, se debe realizar el diseño de mezcla cumpliendo con los requisitos por clase de concreto presentados en el CCP. Para el caso la de relación a/mc, contenido de aire y resistencia a la compresión a los veintiocho días (28 d), se deben cumplir los requisitos límite del CCP y los requisitos de los numerales 630.2.6.1 y 630.2.6.3, es decir, se debe diseñar la mezcla con los parámetros límite más conservadores entre los establecidos por clase de concreto, durabilidad y resistencia.

630.2.6.3 Resistencia

También, se deben cumplir los siguientes requisitos para la resistencia:

- Concreto ciclópeo: la resistencia no debe ser menor de diecisiete megapascales (17 MPa) a los veintiocho días (28 d).
- Concreto simple: la resistencia no debe ser menor de diecisiete megapascales (17 MPa) a los veintiocho días (28 d).
- Concreto reforzado: la resistencia no debe ser menor de veintiún megapascales (21 MPa) a los veintiocho días (28 d).
- Concreto pretensado y postensado: la resistencia no debe ser menor de treinta y dos megapascales (32 MPa) a los veintiocho días (28 d).

Para el caso de concreto liviano, los límites máximos de la relación a/mc hallados en el numeral 630.2.6.1 no aplican.

Por otra parte, el valor de resistencia a la compresión del concreto liviano no debe ser mayor de treinta y cinco megapascales (35 MPa), es decir, elementos que requieran concreto con una resistencia a la compresión mayor de treinta y cinco megapascales (35 MPa) no se pueden construir con este tipo de concreto, a menos que se demuestre experimentalmente que, elementos estructurales elaborados con el concreto liviano a usar en obra proporcionan una resistencia y tenacidad iguales o mayores que las de elementos comparables hechos con concreto de peso normal de la misma resistencia.

630.3 Equipo

Es responsabilidad del constructor disponer de los equipos y elementos para el suministro de los materiales, fabricación, transporte, colocación, vibrado, curado y acabado del concreto estructural. También, equipos y elementos necesarios para la ejecución de juntas, equipos para limpieza, reparaciones, etc.

El constructor debe garantizar la calibración periódica de los equipos, de acuerdo con el plan de mantenimiento y calibración de estos, fijado en el plan de calidad del proyecto. Las calibraciones deben ser realizadas por laboratorios de calibración que cuenten con la acreditación por parte del Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC) para la unidad de medida por verificar, garantizando que las mediciones realizadas por la empresa sean trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI).

A continuación, se presentan los requisitos de los principales equipos y herramientas requeridos para la elaboración de concretos y la construcción de estructuras con este material.

630.3.1 Equipo para la elaboración de agregados

Para la producción de los agregados pétreos se requieren equipos para su explotación, cargue, transporte y proceso. La unidad de proceso consiste en una unidad clasificadora y una planta de trituración provista de trituradora primaria, secundaria y terciaria, siempre que esta última se requiera, así como un equipo de lavado. La planta debe estar provista de los filtros y demás accesorios necesarios para controlar la contaminación ambiental, de acuerdo con la reglamentación vigente.

630.3.2 Producción de la mezcla de concreto

La producción del concreto debe cumplir los lineamientos establecidos en la NTC 3318 (ASTM C94), tanto para el concreto producido *in situ* como para el concreto producido por un proveedor externo, en planta externa.

Si se prevé la incorporación de aditivos a la mezcla, la central debe dosificarlos con precisión suficiente. Los aditivos en polvo se deben dosificar 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 (± 3 %) de la cantidad especificada de producto.

El temporizador del amasado y el de la descarga del mezclador deben 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.

630.3.2.1 Mezcla en el sitio

Se permite el empleo de mezcladoras estacionarias en el lugar de la obra, previa aprobación del interventor, cuya capacidad no debe exceder de tres metros cúbicos (3 m^3).

630.3.3 Equipo para el transporte del concreto al sitio de las obras

La utilización de cualquier sistema de transporte o de conducción del concreto debe contar con la aprobación del interventor. Dicha aprobación no se debe considerar definitiva por el constructor y la condición del uso del sistema de conducción o transporte se debe suspender inmediatamente, si el asentamiento o flujo de la mezcla (según sea el tipo de consistencia del concreto) excede los límites especificados o si la segregación de esta es excesiva. Se debe garantizar la homogeneidad de la mezcla mediante la prueba de uniformidad del concreto, de acuerdo con el procedimiento definido en el apéndice A de la NTC 3318 (ASTM C94).

Se debe garantizar la homogeneidad de la mezcla de concreto. Para esto es necesario que el transporte cumpla el horario programado considerando los tiempos de fraguado. De lo contrario, se debe hacer uso de aditivos retardantes de fraguado.

630.3.3.1 Transporte del concreto en camiones mezcladores

El transporte del concreto a la obra se realiza en camiones mezcladores o agitadores provistos de tambor giratorio cerrado con paletas internas, los cuales están equipados con cuentarrevoluciones. Deben ser capaces de proporcionar mezclas homogéneas y descargar su contenido sin que se produzcan segregaciones.

630.3.3.2 Transporte del concreto en volquetas

Para distancias cortas se emplean camiones del tipo volqueta, sin elementos de agitación, de forma que se impida toda segregación, exudación, evaporación de agua o intrusión de cuerpos extraños. Su caja debe ser lisa y estanca, y estar limpia, para lo cual se debe disponer de un equipo adecuado. El sistema de descarga puede ser basculante o por medio de bandas o tornillos. Estos camiones deben 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 debe disponer de los equipos necesarios para la limpieza de los elementos de transporte, antes de recibir una nueva carga de concreto.

630.3.3.3 Transporte del concreto en otros tipos de equipos

Se pueden utilizar otros vehículos de transporte de concreto tales como camiones agitadores, *buggies*, entre otros, si el concreto no pierde sus propiedades y uniformidad.

Los diferentes tipos de equipo de transporte deben ser seleccionados, de acuerdo con la tecnología utilizada para la construcción, la logística y el entorno del proyecto y el tipo de concreto, previa aprobación del interventor.

El constructor debe tener en cuenta y cumplir todas las disposiciones vigentes sobre

tránsito automotor y ambiente, emanadas por las autoridades competentes, en especial el Ministerio de Transporte y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Independiente del sistema de transporte escogido, el interventor tiene la autoridad de rechazar o aceptar la mezcla antes de su colocación. Debe verificar que las propiedades y la uniformidad del concreto no se modificaron durante el transporte.

630.3.4 Equipos de puesta en obra del concreto

El constructor debe 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.

630.3.4.1 Formaleta y obra falsa

El constructor debe suministrar e instalar todas las formaletas necesarias para confinar y dar forma al concreto, de acuerdo con las líneas mostradas en los documentos del proyecto. Las formaletas se deben 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 documentos del proyecto, ni se pueda escapar el mortero.

La obra falsa o armazones provisionales deben ser construidos sobre cimientos suficientemente resistentes para soportar las cargas sin asentamientos perjudiciales. Toda la obra falsa debe ser diseñada y construida con la solidez necesaria que le permita soportar, sin sufrir deformación apreciable, las cargas a que puede estar sometida, las cuales deben incluir, además del peso de la superestructura, las correspondientes a las formaletas, arriostramientos, carriles de circulación y otras cargas que le puedan ser impuestas durante la construcción. La obra falsa debe ser convenientemente apuntalada y amarrada, para prevenir distorsiones y movimientos que puedan producir vibraciones y deformaciones en la formaleta de la superestructura.

630.3.4.2 Vibradores

Los vibradores para la compactación del concreto deben ser de tipo interno simple y tener una intensidad suficiente para producir la plasticidad y la 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 deben emplear vibradores externos de formaleta, reglas y mesas vibratorias, entre otras.

En la selección del equipo más apropiado para cada elemento estructural se recomienda consultar el documento ACI 309R, Guía para la consolidación del concreto.

630.4 Ejecución de los trabajos

630.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el numeral 105.13.3 del artículo 105, Desarrollo de los trabajos.

630.4.2 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

La dosificación del concreto determina las proporciones en que se deben combinar los diferentes materiales componentes, como son: agregados, material cementante, adiciones suplementarias, agua, aditivos y eventualmente adiciones complementarias, de modo que se obtenga un concreto que cumpla la resistencia, la consistencia, la manejabilidad, la durabilidad y las demás exigencias requeridas por las especificaciones particulares de los documentos del proyecto y las presentes especificaciones.

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el constructor debe suministrar al interventor, para su verificación, muestras representativas de los agregados, material cementante, adiciones suplementarias, agua, aditivos y, eventualmente, adiciones complementarias 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 debe diseñar la mezcla y debe definir una fórmula de trabajo, la cual debe someter a consideración del interventor. Dicha fórmula señala:

- El tipo y la marca de cemento.
- El tipo y la marca de adiciones suplementarias.
- 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 material cementante, agregados grueso y fino, adiciones suplementarias, aditivos y eventualmente adiciones complementarias, se deben hacer en peso por volumen unitario de concreto (usualmente un metro cúbico de concreto, o fracción de este). La cantidad de agua y aditivos líquidos se puede dar por peso o por volumen. Cuando se contabilice el cemento por bolsas, la dosificación de la bachada por producir debe corresponder a un número entero de bolsas (aproximado al entero superior).
- El módulo de finura del agregado fino.
- El contenido de aire (si se ha especificado).
- La resistencia a compresión de la mezcla a veintiocho días (28 d) de curado, y las edades adicionales que se especifiquen en el concreto a usar, la cual se mide según la norma INV E-410/NTC 673.
- La consistencia del concreto debe estar dentro de los límites indicados en los documentos del proyecto para cada tipo de concreto. Si la consistencia se mide según el ensayo de asentamiento, se debe utilizar la norma de ensayo INV E-404/NTC 396 (aplicable para mezclas entre los trece y los doscientos treinta milímetros (13 mm – 230 mm) de asentamiento). Si la consistencia se mide según el ensayo de flujo libre, se debe utilizar la NTC 5222 (aplicable para mezclas de más de doscientos treinta milímetros (230 mm)). Se pueden utilizar medios electrónicos para medir la consistencia del concreto desde que previamente se realicen correlaciones con los ensayos de las normas INV E-404/

NTC 396 o NTC 5222, la que sea aplicable, y con aprobación del interventor. Para la aprobación de cualquier medio electrónico, el interventor puede solicitar los datos experimentales que dan sustento a las correlaciones, sin perjuicio de los datos que sean presentados por parte del fabricante del equipo.
- Cumplimiento de la ACI 308, Guía para el curado del concreto.

El constructor debe determinar la consistencia de cada concreto teniendo en cuenta las condiciones específicas del proyecto (sistema de colocación, condiciones ambientales, tipo de estructura, materiales componentes, entre otras) y este debe ser aprobado por el interventor.

La fórmula de trabajo se debe reconsiderar cada vez que varíe alguno de los siguientes factores:

- El tipo o clase del material cementante.
- 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.
- La procedencia del agua.
- Las tolerancias granulométricas indicadas en la Tabla 630 — 18.

En caso de variar cualquier otro parámetro, el interventor puede exigir la modificación de la fórmula de trabajo para que esta se ajuste a la variación de los parámetros realizada.

El constructor debe considerar que el concreto sea dosificado y elaborado para asegurar una resistencia a la compresión promedio suficientemente superior a la especificada en los documentos del proyecto, según el tipo de concreto, de manera que se minimice la frecuencia de los resultados de pruebas por debajo del valor especificado. La dosificación también debe estar en función de los requisitos mínimos de durabilidad. Se deben cumplir los lineamientos de dosificación del concreto de la NSR. Con este fin, el constructor debe tener en cuenta que, la magnitud en que el promedio de resistencia de la mezcla deba exceder la resistencia especificada de diseño, depende 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.

Para casos en que los valores se encuentren por debajo de la especificación, se debe cumplir lo especificado en la NSR: «El nivel de resistencia de una clase determinada de concreto se considera satisfactorio si cumple con los dos siguientes requisitos:

a. Cada promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos es igual o superior a *f'c*.
b. Ningún resultado del ensayo de resistencia es menor que *f´c* por más de 3,5 MPa cuando *f'c* es 35 MPa o menor; o por más de 0,10 * *f'c* cuando *f'c* es mayor a 35 MPa».

Al efectuar las mezclas de prueba en el laboratorio para el diseño de la mezcla, las muestras para los ensayos de resistencia deben ser elaboradas y curadas de acuerdo con la norma INV E-402/NTC 1377 y ensayadas según la norma de ensayo INV E-410/ NTC 673. Se deben elaborar curvas que muestren la variación de la resistencia a la

compresión a veintiocho días (28 d) (o a la edad definida para el tipo de concreto) en función de la relación a/mc y del contenido de material cementante. Estas curvas se deben basar en no menos de tres (3) puntos y preferiblemente cinco (5) puntos, que representen mezclas de prueba que den lugar a resistencias a la compresión por encima y por debajo de la requerida. Cada punto debe representar el promedio de, por lo menos, dos (2) cilindros estandarizados de ciento cincuenta milímetros (150 mm) de diámetro por trescientos milímetros (300 mm) de altura o tres (3) cilindros estandarizados de cien milímetros (100 mm) de diámetro por doscientos milímetros (200 mm) de altura, ensayados a veintiocho días (28 d) (o a la edad definida para el tipo de concreto).

Los valores de la relación a/mc máxima y el contenido mínimo de material cementante admisibles por resistencia para el concreto a emplear en la estructura, son los que permiten obtener una resistencia promedio por encima de la resistencia de diseño del elemento y cumplir los requisitos de durabilidad y clase de concreto.

En todos los casos, la relación a/mc y el contenido de material cementante deben cumplir los valores máximo y mínimo, respectivamente, permitidos por las consideraciones de durabilidad y clase de concreto correspondientes a los definidos en los documentos del proyecto.

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 todos los requisitos de los documentos del proyecto. La aceptación de las obras para fines de pago depende de su correcta ejecución, el cumplimiento de los requisitos de durabilidad y clase de concreto, y de la obtención de la resistencia a la compresión mínima especificada para el respectivo tipo de concreto, resistencia que debe ser comprobada con base en las mezclas realmente incorporadas en tales obras.

No se permite ningún cambio al diseño de la mezcla, sin aprobación del interventor.

El diseño debe llevar una copia de todos los resultados 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 agregados, material cementante, adiciones, agua y aditivos. También, debe incluir el módulo de finura de la arena y el contenido de aire en la mezcla. La producción industrial de la mezcla no puede comenzar hasta que el interventor apruebe el informe de diseño por escrito.

Los laboratorios en donde se realicen los ensayos necesarios para el desarrollo de la fórmula de trabajo de la mezcla deben ser empresas legalmente constituidas que cuenten con experiencia y/o trayectoria en ejecución de pruebas y ensayos de control de calidad de materiales, que puedan demostrar apropiadamente la competencia de su personal de laboratorio y cuyos informes de resultados informados contengan la aprobación y la autorización para su emisión, mediante la firma del responsable técnico facultado para ello. El laboratorio debe contar con todo el equipamiento principal y auxiliar necesario para el correcto desempeño de sus actividades y asegurar que estos cuenten con

la exactitud y la precisión adecuadas para lograr resultados válidos. El laboratorio debe contar con un programa de calibración de sus equipos y se debe asegurar de que los resultados de la medición sean trazables al SI mediante alguna de las siguientes alternativas:

- La calibración de los equipos proporcionados por un laboratorio de metrología acreditado por ONAC.
- La comparación directa o indirecta a patrones nacionales o internacionales que cuenten con unidades del SI.
- Los valores certificados de materiales de referencia (MRC) proporcionados por productores competentes con trazabilidad metrológica establecida al SI.

El constructor es el responsable de garantizar que todos los ensayos necesarios se realicen. Los informes deben ser entregados rutinariamente al interventor, el profesional a cargo del diseño, a los proveedores de material y a la autoridad competente que verifique el cumplimiento de la calidad o que tome acciones correctivas.

630.4.3 Almacenamiento de materiales

Los agregados, el material cementante, las adiciones suplementarias, los aditivos y las adiciones complementarias se deben almacenar, de tal forma que se prevenga su deterioro o contaminación. Cualquier material que se haya deteriorado o contaminado no se debe usar para la elaboración del concreto. Para prevenir esta situación, los materiales se deben almacenar de acuerdo con las siguientes indicaciones.

630.4.3.1 Almacenamiento de los agregados pétreos

Los agregados se deben producir o suministrar en fracciones granulométricas diferenciadas, que se deben acopiar y manejar por separado, hasta su introducción en las tolvas de agregados. Cada fracción debe ser suficientemente homogénea y se debe poder acopiar y manejar sin peligro de segregación, atendiendo las precauciones que se detallan a continuación:

- El agregado grueso no debe permanecer almacenado durante un tiempo prolongado porque los finos de este tienden a asentarse y acumularse. Sin embargo, cuando el almacenamiento sea necesario, el método de almacenamiento utilizado debe minimizar la segregación, rotura de agregados, excesiva variación en la granulometría y contaminación.
- Las existencias se deben acumular en capas horizontales o de pendiente suave, garantizando la homogenización del material en acopio.
- Se deben disponer sistemas de drenaje apropiados. Para tal efecto, los patios de almacenamiento deben estar en pendiente, de tal manera que se garantice la captación, conducción y evacuación del agua, con el objeto de que los agregados finos y gruesos mantengan una humedad homogénea.
- Los camiones, cargadores u otros equipos no deben ser operados sobre los acopios porque, además de fracturar el agregado, lo contaminan.
- Se debe proteger el agregado seco y fino ante la posibilidad de ser separado por el viento, mediante el uso de lonas o rompevientos.

- Se debe prevenir la contaminación cruzada entre los diferentes tamaños de agregado mediante muros o amplios espacios entre acopios.
- El almacenamiento de los agregados se puede realizar sobre patios pavimentados construidos para este fin. Sin embargo, si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se deben utilizar los quince centímetros (15 cm) inferiores de los mismos.
- En lo posible, los acopios deben ser cubiertos. En caso, de no contar con cubiertas, se deben implementar todos los procedimientos y los controles que garanticen el producto.
- Cuando se detecten anomalías en el suministro de los agregados, ellos se deben acopiar por separado hasta confirmar su aceptación. Esta misma medida se debe aplicar cuando se autorice el cambio de procedencia de un agregado. No se deben emplear métodos de transporte, desde los acopios hasta las tolvas de la central, que pudieran causar segregación, degradación o mezcla de fracciones de distintos tamaños.
- El sistema de abastecimiento de agregados se debe programar de manera tal que la cantidad de agregado sea suficiente para cumplir la programación prevista en el proyecto.

Para todo lo anterior, se sugiere consultar el documento ACI 304R, Guía para medir, mezclar, transportar y colocar concreto; que contiene las prácticas recomendables de almacenamiento y manejo de agregados.

630.4.3.2 Almacenamiento del material cementante y adiciones suplementarias

El material cementante en sacos se debe almacenar en sitios secos y aislados del suelo (sobre estibas) y de muros, en acopios de no más de siete metros (7 m) de altura.

Si el material cementante se suministra a granel, se debe almacenar en sitios aislados de la humedad. La capacidad mínima de almacenamiento debe ser la suficiente para el consumo de dos (2) jornadas de producción normal.

Todo cemento y adición suplementaria que tenga más de dos (2) meses de almacenamiento en sacos, o tres (3) meses en silos, debe ser evaluado y avalado por el interventor, para verificar si aún es susceptible de utilización.

630.4.3.3 Almacenamiento de aditivos y adiciones complementarias

Los aditivos y las adiciones complementarias se deben proteger convenientemente de la intemperie y de toda contaminación. Los productos que vengan en sacos se deben almacenar bajo cubierta y conservando las mismas precauciones que en el caso del almacenamiento del material cementante y las adiciones suplementarias. Los aditivos y las adiciones complementarias suministrados en forma líquida se deben almacenar en recipientes estancos. Para todo caso, los proveedores de los productos deben suministrar dentro de la ficha técnica o por separado, en documento escrito, las recomendaciones para el almacenamiento de los productos, de tal manera que no se afecte su calidad. Se deben seguir todas las disposiciones y recomendaciones consignadas en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante.

630.4.4 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 debe efectuar conforme se estipula en el artículo 600, Excavaciones varias. Cualquier deterioro ocurrido después de terminada la excavación, debe ser subsanado por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, utilizando procedimientos aprobados por el interventor.

630.4.5 Instalación de la formaleta y obra falsa

Todas las formaletas para confinar y soportar la mezcla de concreto mientras se endurece, deben ser diseñadas por el constructor y aprobadas por el interventor, de tal manera que permitan la colocación y la consolidación adecuadas de la mezcla en su posición final y su fácil inspección. Así mismo, deben 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, la calidad del trabajo y el cumplimiento de todas las especificaciones.

Las formaletas se deben ensamblar firmemente y deben tener la resistencia suficiente para contener la mezcla de concreto sin deformaciones y manteniendo las tolerancias propias de la norma vigente (por ejemplo: reglamento NSR vigente, código de puentes u otros).

Antes de iniciar la colocación del concreto se deben limpiar de impurezas, incrustaciones de mortero y cualquier otro material extraño. Su superficie interna se debe cubrir con productos antiadherentes, que no manchen la superficie del concreto, que impida la absorción de humedad por parte del encofrado y no sea absorbido por el concreto. La colocación del desmoldante en el encofrado se debe realizar siguiendo las indicaciones del proveedor que deben ser suministradas en un documento escrito. Se debe aplicar el desmoldante antes de colocar el acero y no se debe permitir que este entre en contacto con el acero.

Las abrazaderas que se utilicen para sostener las formaletas y que queden embebidas en el concreto, deben 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 deben llenar con un mortero de consistencia seca.

No se puede colocar concreto dentro de las formaletas si estas no han sido inspeccionadas y aprobadas por el interventor. No se debe mover la cimbra o hacer alguna modificación cuando el concreto haya alcanzado su fraguado inicial.

Las formaletas se pueden 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.

De acuerdo con los lineamientos del diseñador establecidos en los documentos del proyecto, el constructor debe presentar al interventor un procedimiento apropiado para el retiro de la obra falsa, de manera tal, que la estructura vaya tomando las cargas en la secuencia indicada por el diseñador de la estructura.

Toda obra falsa o cimbra para la construcción de puentes u obras similares debe ser diseñada por el constructor, quien debe someter el diseño a consideración del interventor. Para la aprobación de la obra falsa o cimbra se deben entregar al interventor las memorias de cálculo y los planos de taller debidamente avalados por el profesional facultado para el diseño de estos elementos. En el diseño se deben tener en cuenta las cargas muertas y vivas a las que puede estar sometida la obra falsa durante y después de la colocación del concreto. Las eventuales deflexiones de la obra falsa, debido a las cargas, se deben compensar mediante contraflechas, de tal forma que la estructura terminada se ajuste a los niveles indicados en los documentos del proyecto.

En la construcción de cimbras para arcos, se deben proveer los medios adecuados que permitan un descenso gradual de los centros hasta obtener el autosoporte del arco.

630.4.6 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 debe efectuar de acuerdo con los requisitos aplicables de la NTC 3318 (ASTM C94).

630.4.6.1 Mezclado manual para concretos no estructurales

La mezcla manual solo se puede efectuar, previa aprobación del interventor, para estructuras pequeñas no estructurales que requieran concreto de resistencia a la compresión no superior a catorce megapascales (14 MPa) a los veintiocho días (28 d), o en casos de emergencia que requieran un reducido volumen de concreto. En tal caso se debe colocar un veinte por ciento (20 %) adicional de cemento, en peso, sobre el requerido según el diseño de la mezcla.

El mezclado manual se debe hacer en bachadas no mayores de cero coma veinticinco metros cúbicos (0,25 m^3), sobre una superficie lisa e impermeable.

Las cargas mezcladas a mano no se pueden emplear para concreto colocado debajo del agua, ni concreto estructural.

630.4.6.2 Reablandamiento del concreto

Solo se permite la adición de agua a la mezcla en estado plástico, en el sitio de obra, hasta recuperar la consistencia de diseño de la mezcla, siempre y cuando se realice antes de que se haya presentado el tiempo de fraguado inicial del concreto y que no se exceda por ningún motivo la relación a/mc de diseño, determinada previamente, verificada por medio de mezclas de prueba y aprobada por el interventor.

En caso de adicionar agua en el sitio de obra, se debe demostrar y registrar de forma documental que la relación a/mc no excede el valor de diseño y que este procedimiento se realizó antes de que se haya presentado el tiempo de fraguado inicial del concreto. Todo lo anterior también debe ser corroborado por el interventor.

También se permite la adición de aditivos súper reductores, los cuales deben ser contemplados desde el diseño inicial.

630.4.7 Descarga, transporte y entrega de la mezcla

El concreto, al ser descargado de mezcladoras estacionarias, debe tener la consistencia,

la 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 deben ser completados en un tiempo máximo de uno coma cinco horas (1,5 h), desde el momento en que el material cementante 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 y que así esté definido desde el diseño de la mezcla.

El concreto descargado de camiones mezcladores o de camiones agitadores debe ser entregado con la consistencia, la trabajabilidad y la uniformidad requeridas 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 a/mc 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. En caso de adicionar agua en el sitio de la obra, se debe cumplir con los requisitos del numeral 630.4.6.2.

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 deben 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 entregado con la consistencia y la uniformidad requeridas en la NTC 3318 (ASTM C94). 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 puede variar según las condiciones climáticas del lugar o el uso de aditivos.

A su entrega en la obra, el interventor debe rechazar 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, debe ser retirado de la obra y reemplazado por el constructor, a su costa, por un concreto satisfactorio.

630.4.8 Colocación del concreto

630.4.8.1 Preparación para la colocación del concreto

Por lo menos cuarenta y ocho horas (48 h) antes de colocar concreto en cualquier lugar de la obra, el constructor debe notificar por escrito al interventor al respecto, para que este verifique y apruebe los sitios de colocación.

La colocación no puede 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 deben estar 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 debe eliminar toda agua estancada o libre de las superficies sobre las cuales se coloque la mezcla y controlar que, durante la colocación de esta 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, deben ser humedecidas completamente, o recubrirse con una delgada capa de concreto, si así lo exige el interventor.

630.4.8.2 Requisitos generales

La colocación del concreto se debe efectuar en presencia del interventor, salvo en determinados sitios específicos aprobados previamente por este.

El concreto no se puede colocar cuando esté lloviendo, a no ser que el constructor suministre cubiertas que, a criterio y aprobación 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 630.4.8.5 para el concreto depositado bajo agua. El concreto se debe colocar en un ambiente seco y, durante su colocación o después de ella, no ser expuesto a la acción de aguas o suelos que contengan soluciones alcalinas, hasta pasado un periodo por lo menos de tres días (3 d), o de agua salada hasta los siete días (7 d). Durante este lapso, el concreto se debe proteger bombeando el agua perjudicial fuera de las formaletas y ataguías.

En todos los casos, el concreto se debe depositar lo más cerca posible de su posición final y no se debe hacer fluir por medio de vibradores. Los métodos utilizados para la colocación del concreto deben permitir una buena regulación de la mezcla depositada, evitando su caída con demasiada presión o chocando con las formaletas o el refuerzo. No se permite la caída libre del concreto desde alturas superiores a un metro (1,0 m), a menos que se compruebe que a una mayor altura el concreto no presente segregación y cambios en la mezcla que conlleven a reducciones del desempeño, la resistencia y la durabilidad, y debe ser aprobado por el interventor.

Al verter el concreto se debe remover 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 debe 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.

Cuando se vayan a usar equipos inclinados (canoas, canaletas), estos deben tener una longitud máxima de siete metros (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 — 15.

Tabla 630 — 15. Pendientes máximas de equipos según el asentamiento del concreto

Asentamiento del concreto (mm)	Pendiente (V:H)
10 — 80	1:2
80 — 120	1:3

No se permite la colocación de concreto al cual se haya agregado agua después de salir de la mezcladora. Tampoco se permite 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 630.4.15.

El constructor debe tener la precaución de no mover los extremos del refuerzo que sobresalga del concreto, por lo menos durante las primeras veinticuatro horas (24 h) luego de colocado el concreto.

A menos que los documentos del proyecto indiquen algo contrario por el tipo de obra, el concreto se debe colocar en capas continuas horizontales cuyo espesor no exceda de treinta centímetros (0,3 m).

Las descargas deben suceder una tras otra, y cada una de ellas se debe colocar y compactar 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 debe 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 (1 d) 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 debe suspender o interrumpir temporalmente el trabajo dentro de los cuarenta y cinco centímetros (45 cm) debajo 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 deben 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.

630.4.8.3 Colocación por bombeo

La colocación del concreto por bombeo puede ser permitida dependiendo de la adaptabilidad del método que se va a usar en la obra. El equipo se debe 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 debe 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, este 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 lo más cerca posible del depósito de concreto. Las líneas de descarga deben ser horizontales o inclinadas hacia arriba respecto de la máquina de bombeo.

Cuando se utilice equipo de bombeo, siempre se debe disponer de los medios alternativos para continuar la operación de colocación del concreto en caso de que se dañe la bomba. El bombeo debe continuar hasta que el extremo de la tubería de descarga quede completamente por fuera de la mezcla recién colocada.

Los equipos de bombeo se deben limpiar cuidadosamente después de cada periodo de operación.

630.4.8.4 Colocación del agregado ciclópeo

La colocación del agregado ciclópeo se debe ajustar al siguiente procedimiento:

La roca, limpia y húmeda, se debe 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 rocas o entre una roca y la superficie de la estructura, no debe ser inferior a diez centímetros (10 cm). En estructuras de mayor espesor, la distancia mínima se aumenta a quince centímetros (15 cm). En estribos y pilas no se puede 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 rocas sobresaliendo no menos de diez centímetros (10 cm) para formar una llave. Antes de continuar el vaciado del concreto, se debe limpiar la superficie donde se va a colocar el concreto fresco y humedecer la misma con agua limpia.

El concreto ciclópeo no se debe 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 debe ser el cuarenta por ciento (40 %) del volumen total de concreto.

630.4.8.5 Colocación del concreto bajo agua

La construcción de estructuras de concreto bajo agua contempla diferentes técnicas,

entre las cuales está el tipo tremie o descargas directas, para ello la mezcla debe ser de alta cohesión (antideslave). En otros casos, se debe estudiar la posibilidad de remover el agua mientras se hace el vaciado del concreto.

En cada caso, se debe revisar el diseño de la mezcla para ajustarla a las condiciones de colocación y debe ser aprobado por el interventor. Se debe verificar la efectividad de la mezcla de concreto antideslave, mediante la realización de una mezcla de prueba y sometiéndola a procedimientos o ensayos de laboratorio, aprobados por el interventor, que demuestren que el producto cumple su propósito.

Cuando haya colocación de concreto bajo agua, este se debe ubicar cuidadosamente en su lugar, en una masa compacta, mediante un sistema de colocación que permita depositarla en una operación continua.

No se debe colocar concreto dentro de corrientes de agua, y las formaletas diseñadas para retenerlo deben ser impermeables. El concreto se debe 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.

630.4.8.6 Temperatura del concreto

En condiciones normales de exposición y en concretos convencionales, la temperatura de la mezcla de concreto, inmediatamente antes de su colocación, debe estar entre diez y treinta y cinco grados Celsius (10 °C – 35 °C). Cuando existan otras condiciones particulares específicas, ya sean del material, del ambiente o ambas, se deben realizar análisis pertinentes para determinar la temperatura máxima apropiada antes de la colocación, o el tratamiento más adecuado para reducir la temperatura del concreto.

Cuando se pronostique una temperatura ambiente inferior a cuatro grados Celsius (4 °C) durante el vaciado o en las veinticuatro horas (24 h) siguientes, la temperatura del concreto no puede ser inferior a trece grados Celsius (13 °C) cuando se emplee 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.

Durante la colocación, la temperatura no debe exceder de treinta y cinco grados Celsius (35 °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 deben enfriar mediante rociadura de agua, inmediatamente antes de la colocación del concreto.

En caso de lluvia, se permite la colocación del concreto siempre y cuanto se implementen las acciones necesarias para garantizar la calidad del material y de la estructura.

630.4.9 Recubrimiento

Los recubrimientos del refuerzo en general deben cumplir lo establecido en el diseño de la estructura en los documentos del proyecto, pero en ningún caso estar por debajo de los mínimos establecidos en la NSR (requisitos de recubrimiento del refuerzo convencional y de tendones de preesfuerzo no adheridos).

La tolerancia del recubrimiento debe estar, de igual manera, de acuerdo con la NSR.

630.4.10 Agujeros para drenaje

Los agujeros para drenaje o alivio se deben construir de la manera y en los lugares señalados en los documentos del proyecto. Los dispositivos de salida, bocas o respiraderos para igualar la presión hidrostática se deben colocar más abajo que las aguas mínimas y también de acuerdo con lo indicado en los documentos del proyecto.

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, estos deben ser removidos después de colocado el concreto.

630.4.11 Vibración

El concreto colocado se debe 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 debe 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, con el fin de consolidar el concreto que se está recibiendo, dentro de los quince minutos (15 min) 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 m^3), 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 deben ser empujados rápidamente, sino que se permite que ellos mismos se abran camino dentro de la masa de concreto y se retiren lentamente para evitar la formación de cavidades.

La vibración debe ser tal, que el concreto fluya alrededor del refuerzo y otros elementos que deban quedar embebidos en este 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 debe colocar una nueva capa de concreto, si la precedente no está debidamente consolidada.

La vibración no se debe usar para transportar mezcla dentro de las formaletas, ni aplicar directamente a estas 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

debe 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 deben ser cuidadosamente controlados, de manera que se obtengan las densidades máximas sin sobrevibrar.

En el evento de que se utilicen mezclas autocompactantes, se debe estudiar la conveniencia de usar vibradores o no.

630.4.12 Protección y curado

Las medidas de protección y curado del concreto se deben implementar en todo momento, antes, durante y después de la colocación, con el fin de garantizar el desarrollo de las propiedades del concreto y de la estructura en general.

Los sistemas de protección y curado se deben utilizar, de acuerdo con las características del concreto, las condiciones ambientales en el sitio de la construcción (humedad relativa, temperatura ambiente, velocidad del viento, entre otras) y las características de la estructura. En todo caso se debe seguir lo establecido en el documento ACI 308R, Guía para el curado del concreto. El constructor debe realizar las pruebas necesarias para determinar el método más eficaz y eficiente de curado, el cual debe ser aprobado por el interventor.

En casos especiales, en los documentos del proyecto, el diseñador de la estructura debe establecer los tipos, los métodos, los procedimientos y los tiempos de protección y curado del concreto, específicos para el proyecto.

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 deben colocar cortinas protectoras contra el viento, hasta que el concreto haya endurecido lo suficiente para recibir el tratamiento de curado.

Durante el curado del concreto, este no debe estar expuesto a cargas e impactos no previstos por el diseñador.

También, se pueden usar selladores o sellantes regidos por la norma ASTM C1315, que al entrar en contacto con el concreto forman una película que endurece y sella, y poseen propiedades especiales como resistencia a los álcalis, resistencia a los ácidos, cualidades adhesivas y resistencia a la degradación por la luz ultravioleta. Estos compuestos ayudan al curado, protegen la estructura de daños causados por la penetración de líquidos perjudiciales para el concreto, brindan mayor durabilidad y minimizan la generación de polvo, algunos mejoran la apariencia del concreto.

630.4.13 Requisito en concretos masivos

Se debe realizar un plan de control de temperatura para la colocación y el curado del concreto masivo, con el fin de tomar todas las medidas pertinentes para no comprometer la resistencia y la durabilidad del concreto. El plan de control debe contener:

- Materiales y dosificación de la mezcla de concreto.
- Elevación de la temperatura ya sea calculada o medida.
- Temperatura máxima del concreto en el momento de su colocación y detalle de las medidas y equipos usados para garantizar que esta no se exceda.
- Descripción de las medidas y los equipos por usar para garantizar que no se exceda la diferencia de temperatura máxima.
- Descripción de los equipos y la metodología para el monitoreo de la temperatura del concreto y el diferencial de temperatura a lo largo del tiempo.
- Ubicación de los sensores de temperatura. La ubicación de estos sensores debe ser determinada por el diseñador en los documentos del proyecto, y como mínimo deben estar ubicados en los puntos en donde se presente la mayor y la menor temperatura.
- Medidas para el manejo y la reducción de la temperatura y del diferencial de la misma.
- Descripción de los procedimientos de curado.
- Descripción de la metodología para retirar la formaleta evitando altos diferenciales de temperatura.

Durante el proceso de fraguado y curado, la temperatura máxima del concreto no debe exceder los setenta grados Celsius (70 °C), y la diferencia de esta entre el centro y la superficie del concreto no debe exceder los diecinueve grados Celsius (19 °C). Cuando se proyecten estructuras con la presencia de concretos masivos, el diseñador estructural puede establecer, en los documentos del proyecto, los requisitos de temperatura máxima para la verificación del interventor. El constructor debe establecer todas las estrategias necesarias para no sobrepasar dichos valores, y se debe hacer seguimiento a las temperaturas durante los primeros días de construcción.

Se puede usar cemento con bajo o moderado calor de hidratación, o un material cementante con contenido de ceniza volante o escoria clase F. No se deben usar aditivos acelerantes. Durante el mezclado, la colocación y el curado de un elemento con concreto masivo, se debe seguir el plan de control de temperatura aprobado por el interventor.

Se recomienda seguir la ACI 207.1R, Guía para el concreto masivo.

630.4.14 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.

El constructor debe cumplir lo establecido por el diseñador estructural en los documentos del proyecto en cuanto a las resistencias mínimas a las cuales se puedan remover las formaletas.

Si las operaciones de campo son controladas por ensayos de resistencia de cilindros de concreto, la remoción de formaletas y demás soportes, se puede efectuar al lograrse las resistencias fijadas en el diseño. Los cilindros de ensayo deben 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.

De acuerdo con los lineamientos del diseñador consignados en los documentos del proyecto, el constructor debe presentar al interventor un procedimiento apropiado para el retiro de la obra falsa, de manera tal, que la estructura vaya tomando las cargas en la secuencia indicada por el diseñador de la estructura.

630.4.15 Juntas

Se deben construir juntas de construcción, contracción y dilatación, con las características y en los sitios indicados en los documentos del proyecto. El constructor no puede introducir juntas adicionales o modificar el diseño de localización de las indicadas en dichos documentos, sin la aprobación del interventor. La resistencia y la durabilidad de la estructura no se debe ver afectada por las juntas.

En superficies expuestas, las juntas deben ser horizontales o verticales, rectas y continuas, a menos que se indique lo contrario. En general, se debe dar un acabado pulido a las superficies de concreto en las juntas y se deben utilizar para las mismas los rellenos, los sellos o los retenedores indicados en los documentos del proyecto.

630.4.16 Acabado

Todas las superficies de concreto deben recibir un acabado inmediatamente después del retiro de las formaletas. El tipo de acabado depende de lo establecido por el diseñador, en los documentos del proyecto, para cada estructura en particular.

Independiente del tipo de acabado establecido por el diseñador en los documentos del proyecto, se deben mantener los recubrimientos mínimos establecidos en el diseño.

630.4.16.1 Acabado convencional

Es el procedimiento usado para la mayoría de las estructuras. Inmediatamente después de remover las formaletas, todas las rebabas y salientes irregulares de la superficie del concreto se deben cincelar a ras de la superficie.

No se permite que sobresalgan elementos de refuerzo estructural como varillas, alambres o elementos no estructurales. En caso de que sobresalgan de la superficie se deben realizar procedimientos de intervención y acabado, aprobados por el interventor.

Cualquier irregularidad de la superficie, como cavidades pequeñas, grandes, profundas u hormigueros, debe ser corregida por el constructor, a su costa, mediante procedimientos adecuados para cada situación, previamente aprobados por el interventor.

Las zonas con hormigueros excesivos pueden ser causa de rechazo de la estructura, en cuyo caso, el constructor debe demoler y reconstruir, a su costa, la parte afectada.

Todas las juntas de construcción y de dilatación en la obra terminada, se deben dejar cuidadosamente trabajadas y sin restos de mortero y concreto. El relleno de las juntas

debe quedar con los bordes limpios en toda su longitud.

630.4.16.2 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 documentos del proyecto.

Si el piso del puente se va a usar como capa de rodadura, debe ser sometido a las operaciones de acabado descritas en el artículo 500, para los pavimentos de concreto hidráulico.

630.4.16.3 Acabado de losas de pisos

Si los documentos del proyecto no establecen otra cosa diferente, su acabado debe ser como el descrito en el artículo 500, para los pavimentos de concreto hidráulico, exceptuando el macrotexturizado.

630.4.16.4 Acabado de andenes de concreto

El acabado superficial de los andenes debe ser el establecido en los documentos del proyecto, evitando superficies resbaladizas.

El diseño debe incluir la modulación y ejecución de las juntas, en cuyo caso se deben seguir los mismos procedimientos establecidos en el artículo 500.

630.4.17 Limpieza final

Al terminar la obra, y antes de la aceptación final del trabajo, el constructor debe 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. Cumpliendo todos los requisitos de manejo de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) establecidos en la legislación colombiana.

630.4.18 Afectaciones por sismo

En la eventualidad de que se produzca un sismo durante el proceso de curado, el constructor debe tener especial cuidado en efectuar una revisión detallada del concreto colocado y de la estructura, luego de su ocurrencia, informando al interventor sobre cualquier daño motivado por el fenómeno. Sin perjuicio de ello, si así lo estima el interventor, se deben realizar los ensayos que considere convenientes para verificar la calidad del concreto, pudiendo ordenar el retiro de este si, a su criterio, los ensayos realizados revelaren alteraciones al concreto colocado.

630.4.19 Conservación

El concreto hidráulico debe ser mantenido en perfectas condiciones por el constructor, cumpliendo los requisitos mínimos establecidos en el presente artículo, hasta el recibo definitivo de los trabajos, sin que ello implique costo adicional alguno para INVÍAS.

Todo concreto defectuoso o deteriorado que no cumpla las características establecidas en los documentos del proyecto, debe ser intervenido por el constructor para llevarlo a las condiciones de diseño, sin costo adicional

para INVÍAS. En todo caso, los procedimientos deben ser aprobados por el interventor, cualquiera sea el tipo de intervención. Se deben dejar registrados, en los documentos del proyecto, las reparaciones realizadas y el método de reparación.

630.4.20 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores de ejecución de obras de concreto estructural se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

Se debe asegurar que la adquisición de los recursos y el manejo de los residuos cumplan los requisitos legales ambientales vigentes. Se deben realizar todos los estudios, los tramites, los procedimientos y las actividades en obra necesarios para cumplir con las normas ambientales. Se debe entregar al interventor la documentación de la gestión ambiental.

630.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales por parte del constructor, con la supervisión y la aprobación del interventor:

- 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, mediante ensayos por parte del constructor, 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 periodo de ejecución de las obras.
- Verificar el cumplimiento de todas las medidas requeridas sobre seguridad y ambiente.
- Tomar, de manera cotidiana, muestras de la mezcla elaborada para determinar su resistencia, de acuerdo con el plan de calidad, previamente aprobado por el interventor, y la NSR.
- 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.

Los laboratorios en donde se realicen los ensayos necesarios para el control de la calidad de los materiales del concreto y el control de la calidad del concreto deben ser empresas legalmente constituidas que cuenten con experiencia y/o trayectoria en ejecución de pruebas y ensayos de control de calidad de materiales, que puedan demostrar apropiadamente la competencia de su personal

de laboratorio y cuyos informes de resultados informados contengan la aprobación y la autorización para su emisión, mediante la firma del responsable técnico facultado para ello. El laboratorio debe contar con todo el equipamiento principal y auxiliar necesario para el correcto desempeño de sus actividades y asegurar que estos cuenten con la exactitud y la precisión adecuadas para lograr resultados válidos. El laboratorio debe contar con un programa de calibración de sus equipos y se debe asegurar de que los resultados de la medición sean trazables al SI, mediante alguna de las siguientes alternativas:

- La calibración de los equipos proporcionados por un laboratorio de metrología acreditado por ONAC.
- La comparación directa o indirecta a patrones nacionales o internacionales que cuenten con unidades del SI.
- Los valores certificados de materiales de referencia (MRC) proporcionados por productores competentes con trazabilidad metrológica establecida al SI.

El constructor es el responsable de garantizar que todos los ensayos necesarios se realicen. Los informes de ensayos deben ser entregados rutinariamente al interventor, al profesional a cargo del diseño, a los proveedores de material y a la autoridad competente que verifique el cumplimiento de la calidad o que tome acciones correctivas.

630.5.1 Control de materiales

Para cada uno de los materiales se deben realizar los ensayos y procedimientos definidos en el plan de calidad. Si estos no son satisfactorios, se debe rechazar el material y el concreto que se haya elaborado con este.

Además, cada vez que lo considere necesario, el interventor debe efectuar u ordenar la ejecución de los ensayos de control que permitan verificar la calidad del material.

Se debe tener un registro de todos los ensayos y procedimientos de calidad, los cuales deben ser presentados al interventor.

630.5.1.1 Calidad del cemento hidráulico

Para todo cemento que llegue a la central de fabricación, sea esta de propiedad del constructor o de un proveedor, se deben realizar los ensayos de las normas mencionadas en el artículo 501 y con la frecuencia especificada en el mismo. Los resultados de los ensayos deben ser remitidos para su aprobación por parte del interventor.

630.5.1.2 Calidad de las adiciones suplementarias

El constructor debe verificar, mediante ensayos, las características de las adiciones suplementarias definidas en el plan de calidad o las especificadas en los documentos del proyecto. Para cada adición se deben verificar los requisitos de las normas definidas en el numeral 630.2.1.2 con la siguiente frecuencia:

- Una (1) 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.
- Cada vez que se modifique el material suministrado.
- Cada vez que el interventor lo solicite.

630.5.1.3 Calidad del agua

Se deben ejecutar los ensayos relacionados en la Tabla 630 — 5 y la Tabla 630 — 6. El agua usada en la mezcla y el curado debe cumplir los límites establecidos en estas, y solo se acepta si se cumplen dichos límites.

630.5.1.4 Calidad de los agregados

De cada fuente de agregados por utilizar en la producción de concreto y para cualquier volumen previsto, se deben tomar cuatro (4) muestras y se deben ejecutar los ensayos que permitan verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en los numerales 630.2.1.3.1 y 630.2.1.3.2.

Para el caso de los agregados ciclópeos, de igual forma se deben realizar y documentar los ensayos para la verificación del cumplimiento de los requisitos mencionados en este artículo.

Los resultados de todas estas pruebas deben satisfacer las exigencias de los numerales anteriormente citados. Los agregados que no las cumplan no pueden ser utilizados en la elaboración de la mezcla de concreto, a no ser que se realicen pruebas o ensayos adicionales que demuestren que, la mezcla de concreto cumple las características establecidas para cada proyecto y sean aprobadas por el interventor.

En el caso de uso de agregados reactivos, se deben evaluar procedimientos o diseños de mezcla que permitan mitigar esa condición, previa aprobación del interventor. El proceso de evaluación de la reactividad y el diseño del plan de mitigación se debe realizar conforme a los requisitos de este artículo, en el numeral 630.2.6.1.

Durante la etapa de producción, el interventor debe examinar los acopios y ordenar el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos vegetales, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, debe ordenar acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto (tal como distinta coloración), segregación, partículas alargadas o aplanadas y debe vigilar la disposición 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 suministre, se debe verificar la calidad de los agregados, mediante la realización de los ensayos que se relacionan en la Tabla 630 — 16, con la frecuencia indicada en ella.

La curva granulométrica de cada ensayo individual, se debe ajustar a la franja de tolerancia construida a partir de la granulometría de diseño de la mezcla (fórmula de trabajo), con los límites fijados en la Tabla 630 — 18.

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 deben preparar en laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa, la cual se debe someter a todas las pruebas de valoración descritas en el presente artículo. En caso de que no cumpla todos los requisitos, el constructor debe demoler, a sus expensas, los elementos cuestionados y los debe reponer, sin costo alguno para INVÍAS.

Tabla 630— 16. Ensayos de verificación sobre los agregados para concreto estructural

Característica	Norma de ensayo	Frecuencia (Nota 1)
Composición (F)		
Granulometría	INV E-213	1 por jornada
Módulo de finura	INV E-213	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de Los Ángeles	INV E-218	1 por mes
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos (Nota 2)	INV E-220	1 por mes
Reactividad de los agregados	Ver numeral 630.2.6.1.3	Tabla 630 — 17
Limpieza (F)		
Terrones de arcilla y partículas deleznables	INV E-211	1 por semana
Partículas livianas	INV E-221	1 al inicio del proyecto, 1 cada cambio de fuente y 1 cada 2,5 meses
Material que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200)	INV E-214	1 por semana
Geometría de las partículas (F)		
Índice de alargamiento	INV E-230	1 por semana
Índice de aplanamiento	INV E-230	1 por semana

Nota 1: se entiende como jornada, un día (1 d) de producción de agregados.

Nota 2: el ensayo se puede realizar con sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

Tabla 630 — 17. Ensayo para determinar la reactividad de los agregados (RAA)

Casos	Frecuencia mínima
Al inicio de todos los proyectos.	Se debe tomar una (1) lectura inicial del agregado de la fuente a usar
En todos los proyectos cuando se presente un cambio de fuente de agregado o de material cementante.	Se debe tomar una (1) lectura cada vez que se presente este caso
En todos los proyectos, excepto cuando se presente riesgo de RAA clase SC4.	Se debe tomar una (1) lectura cada 6 meses
En proyectos con riesgo de RAA clase SC4.	Se debe tomar una (1) lectura cada 3 meses

Cada vez que se realicen los ensayos para la evaluación de la reactividad del agregado, a partir de los resultados, se debe establecer la mitigación de acuerdo con lo indicado en el numeral 630.2.6.1.

El interventor puede modificar la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 630 — 16, 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.

Tabla 630 — 18. Tolerancias granulométricas respecto de la fórmula de trabajo

	Tamiz (mm / U.S. *Standard*)							
Tolerancia	≥ 9,5	4,75	2,36	1,18	0,600	0,300	0,150	0,075
	≥ 3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 8	Nro. 16	Nro. 30	Nro. 50	Nro. 100	Nro. 200
	Puntos de porcentaje (%) sobre la masa seca de los agregados							
	± 4		± 3					± 1

630.5.1.5 Calidad del acero

El constructor debe 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 este satisface a cabalidad las exigencias del presente artículo. Ninguna certificación puede tener una antigüedad superior a treinta días (30 d).

Así mismo, cada vez que lo considere conveniente, el interventor debe ordenar o efectuar las pruebas necesarias para verificar que la calidad del acero empleado cumple las exigencias de este artículo, y lo establecido en el artículo 640.

630.5.1.6 Calidad de los aditivos, adiciones complementarias y productos químicos de curado

El constructor debe 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 la eventual aprobación de uso por parte del interventor.

630.5.2 Control del concreto

630.5.2.1 Control de requisitos de durabilidad

En el caso de que el proyecto tenga una especificación por desempeño, cuando sea aplicable, se deben controlar las características de durabilidad especificadas para el concreto en el numeral 630.2.6.1, siguiendo las normas de ensayo aplicables. Se debe definir el lote como una jornada de trabajo.

Tabla 630 — 19. Control de requisitos de durabilidad por método de desempeño verificado

Requisitos de durabilidad	Frecuencia
Penetración del ion cloruro del concreto	un (1) control al inicio del proyecto y un (1) control máximo cada 30 lotes
Permeabilidad al agua del concreto	un (1) control al inicio del proyecto y un (1) control máximo cada 30 lotes
Contracción	un (1) control al inicio del proyecto y un (1) control máximo cada 30 lotes
Resistencia a sulfatos	Solo en la validación de la mezcla de prueba

Para el caso de los proyectos que tengan una especificación por el método prescriptivo, se deben cumplir los requisitos límite de los tipos de exposición en el que se haya clasificado la estructura, los requisitos presentados en el numeral 630.2.6.1. De igual forma, se deben cumplir los requisitos por clase de concreto y resistencia presentados en los numerales 630.2.6.2 y 630.2.6.3. Entre estos requisitos está la relación a/mc, la resistencia (*f'c*), el contenido de aire, el material cementante y el contenido máximo de ion cloruro soluble en agua en el concreto. Todos estos parámetros se deben establecer durante la validación de la mezcla de prueba, deben ser aprobados por el interventor y se deben mantener durante todo el proyecto. En caso de requerir un cambio de estos parámetros, se debe realizar nuevamente una mezcla de prueba con todos los ensayos pertinentes, verificar que se cumplan los requisitos de durabilidad, resistencia y clase de concreto, y debe ser aprobada nuevamente por el interventor. Todo este control debe quedar documentado.

Se deben reportar los valores obtenidos. En cada característica, el concreto colocado debe cumplir los rangos máximos o mínimos que le son aplicables. Las estructuras en concreto, que no cumplan una o varias características de durabilidad especificadas, deben ser demolidas y sus escombros transportados a los sitios aprobados para su recepción, todo a expensas del constructor, quien además debe reemplazar estas estructuras con otras que cumplan todas las exigencias de la especificación, sin que ello implique costo alguno para INVÍAS.

630.5.2.2 Control de los requisitos por clase de concreto

Cuando aplique se deben cumplir los requisitos límite por clase de concreto, requisitos presentados en el numeral 630.2.6.2. Todos estos parámetros se deben establecer durante la validación de la mezcla de prueba, deben ser aprobados por el interventor y se deben mantener durante todo el proyecto. En caso de requerir un cambio de estos parámetros se debe realizar nuevamente una mezcla de prueba con todos los ensayos pertinentes, verificar que se cumplan los requisitos de durabilidad, resistencia y clase de concreto, y debe ser aprobada nuevamente por el interventor. Todo este control debe quedar documentado.

630.5.2.3 Dosificación

La mezcla se debe efectuar en las proporciones establecidas en la fórmula de trabajo; se admiten las variaciones establecidas en la NTC 3318 (ASTM C94).

La tolerancia del agua de mezclado se debe medir con la tolerancia especificada, corregida según la condición de humedad de los agregados y la cantidad de aditivo líquido, si se usa.

Para las mezclas dosificadas por fuera de estos límites, el constructor las debe tratar como producto no conforme para llevarlas a las características requeridas y, en caso de no cumplir, deben ser rechazadas por el interventor.

630.5.2.4 Consistencia

Se debe controlar la consistencia de cada carga entregada, para lo cual se debe tomar una muestra representativa de ella que se debe someter al ensayo de asentamiento (según la norma INV E-404/NTC 396) o flujo libre (según la NTC 5222), cuyo resultado debe estar dentro de los límites indicados en los documentos del proyecto para cada tipo de concreto, según lo mencionado en el numeral 630.4.2. Por ningún motivo se permite la adición de agua al concreto elaborado para incrementar su asentamiento o flujo, según el tipo de mezcla. La tolerancia del asentamiento debe estar en conformidad con el ACI 117, Especificación para la tolerancia de estructuras de concreto y materiales.

630.5.2.5 Contenido de aire

Si en el diseño de la mezcla se ha especificado un contenido de aire, se debe 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 (NTC 1032), la cual describe el método a presión. También, se permite medir el contenido de aire siguiendo la norma de ensayo ASTM C173. Los resultados deben corresponder al valor establecido al definir la fórmula de trabajo. Si el resultado de la muestra de algún camión está por fuera de los límites de tolerancia, se debe tomar una segunda muestra del mismo camión y se repite el ensayo. Si este último se encuentra dentro de los límites de tolerancia especificada se debe aceptar el viaje. En caso contrario, se debe rechazar. Si se rechaza el concreto de los tres (3) camiones consecutivos por este motivo, se debe suspender la producción de la mezcla y la construcción, hasta que se detecten y corrijan las causas de la anomalía.

630.5.2.6 Peso unitario y densidad del concreto

Se debe controlar el peso unitario del concreto en estado fresco siguiendo la norma de ensayo INV E-405 (NTC 1926).

A los testigos extraídos se les debe determinar su densidad, según la norma de ensayo ASTM C642 (NTC 5653).

En principio, los resultados deben ser reportados, pero no se deben emplear como criterio para aceptación o rechazo de la estructura construida, salvo que los documentos del proyecto o una especificación particular así lo indiquen y establezcan un criterio para su calificación. Sin embargo, si la 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, es indispensable que el constructor mejore el vibrado del concreto, de manera que los requisitos establecidos anteriormente se logren en las posteriores verificaciones.

En cualquier caso, la presencia de hormigueros en los núcleos hace obligatoria la demolición del elemento de concreto estructural afectado y su reconstrucción con elementos que cumplan todos los requisitos de esta especificación.

630.5.2.7 Temperatura del concreto en estado fresco

Se debe controlar la temperatura del concreto en estado fresco, de manera que se cumpla la NTC 3357 (ASTM C1064). Si la temperatura del concreto, medida en la entrega de este, no cumple los requisitos del numeral 630.4.8.6 o el plan de control de temperatura para el caso de concretos masivos, se debe realizar inmediatamente una medición adicional sobre una nueva muestra del mismo despacho. Si no se cumplen los requisitos de temperatura, el concreto no se puede usar en obra.

630.5.2.8 Módulo elástico del concreto

La determinación del módulo de elasticidad del concreto se debe realizar cuando, en los documentos del proyecto, se requiera la determinación del módulo de elasticidad o por solicitud del interventor. Sobre los núcleos cilíndricos extraídos de la estructura de concreto se debe determinar el módulo de elasticidad, mediante el procedimiento descrito en la norma de ensayo INV E-424 (NTC 4025).

El valor promedio de cada lote debe ser reportado y se debe emplear, si corresponde, en la revisión de los diseños estructurales de los documentos del proyecto.

630.5.2.9 Resistencia

Las muestras de concreto para fines de determinar la resistencia especificada deben ser tomadas, elaboradas, curadas y ensayadas bajo las normas INV E-420/NTC 550 e INV E-410/NTC 673.

Las muestras para los ensayos de resistencia de cada tipo de concreto colocado en obra, se deben tomar por lo menos una (1) vez al día, o cada cuarenta metros cúbicos (40 m^3) de concreto, o cada doscientos metros cuadrados (200 m^2) de superficies de losas y muros.

La resistencia del concreto debe ser evaluada, con fines de aceptación o rechazo, de acuerdo con el procedimiento y los parámetros establecidos en la NSR.

Si en algún momento no se cumplen las exigencias establecidas en la NSR, se deben tomar las acciones contempladas en este documento, en la sección «Investigación de los resultados de ensayo con baja resistencia».

Se deben tomar tres (3) núcleos por cada valor no conforme. Los núcleos deben ser extraídos, deben ser colocados en recipientes o bolsas herméticas de tal forma que la humedad se preserve, deben ser transportados al

laboratorio y se deben ensayar de acuerdo con la norma INV E-418/NTC 3658.

Se considera aceptable la resistencia del concreto de la zona representada por los núcleos, si el promedio de la resistencia a la 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 (*f'c*) en los documentos del proyecto, siempre que ningún núcleo tenga menos del setenta y cinco por ciento (75 %) de dicha resistencia. Cuando los núcleos den valores erráticos, se debe permitir extraer núcleos adicionales de la misma zona.

Si los criterios de aceptación anteriores no se cumplen, el constructor puede solicitar que, a sus expensas, se hagan pruebas de carga en la parte dudosa de la estructura conforme lo especificado en la NSR. Si estas pruebas dan un resultado satisfactorio, se acepta el concreto en discusión. En caso contrario, el constructor debe adoptar las medidas correctivas que solicite el interventor, las cuales pueden incluir la demolición parcial o total de la estructura, si fuere necesario, y su posterior reconstrucción, a costa del constructor, sin costo alguno para INVÍAS.

Siempre que se produzcan rechazos, se debe reiniciar el promedio de las medias móviles (*fm*) para las evaluaciones subsiguientes.

630.5.2.10 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 puede 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.

Los especímenes curados en las mismas condiciones de la obra, deben dar como mínimo el ochenta y cinco por ciento (85 %) de la resistencia de los especímenes curados en agua para control de calidad. El cumplimiento de este requisito es garantía de que se está realizando un curado efectivo en obra.

Solo para efectos de aceptación y rechazo de la estructura construida se debe medir la resistencia del concreto, tanto en especímenes de control de calidad de obra como en especímenes de control del desarrollo de resistencia del concreto ya instalado, mediante la disposición de cilindros de control de la calidad al pie del elemento y/o extracción y ensayo de núcleos (norma INV E-418/NTC 3658). Lo anterior para determinar la efectividad de las labores de compactación y curado, si existe alguna incertidumbre con la estructura o con la resistencia en probetas. Únicamente, se debe permitir el uso de ensayos no destructivos, donde se obtuvieron resultados de ensayos con baja resistencia y es necesario realizar una investigación. Los casos en los que se deben realizar estos ensayos son los siguientes:

- Inadecuados procesos de compactación (ACI 309R, Guía para la consolidación del concreto).
- Inadecuados procesos de cuidado y control de muestras (ACI 308R, Guía para curado del concreto; INV E-420/NTC 550).
- Cuando el curado en la estructura genere reducciones en la resistencia mayores de

un quince por ciento (15 %) respecto a los obtenidos bajo la condición estándar.

Los ensayos no destructivos que se permiten son los contenidos en el ACI 228.2R, Reporte de métodos de ensayo no destructivos para la evaluación del concreto en estructuras. Estos ensayos se pueden usar, si se realiza una calibración del método con el concreto de obra, empleando un número suficiente de muestras, y con la aprobación del interventor. Estos ensayos son válidos principalmente para hacer comparaciones del concreto en la misma estructura, mas no para evaluar la resistencia.

630.5.3 Calidad del producto terminado

Todo concreto donde los materiales, las mezclas y el producto terminado excedan las tolerancias de esta especificación, debe ser corregido por el constructor, quien debe asumir los costos adicionales, de acuerdo con las indicaciones del interventor y la aprobación de este. Dicha corrección puede contemplar, inclusive, la demolición parcial o total de la estructura.

630.5.3.1 Desviaciones máximas admisibles en las dimensiones laterales

- Vigas pretensadas y postensadas: de menos cero coma cinco centímetros a más uno coma un centímetro (- 0,5 cm a + 1,1 cm).
- Vigas, columnas, placas, pilas, muros y estructuras similares de concreto reforzado: de menos un centímetro a más dos centímetros (- 1,0 cm a + 2,0 cm).
- Muros, estribos y cimientos: de menos dos centímetros a más cinco centímetros (- 2,0 cm a + 5,0 cm).

630.5.3.2 Desplazamiento

El desplazamiento de las obras, con respecto a la localización indicada en los documentos del proyecto, no puede ser mayor que la desviación máxima positiva (+) indicada para las desviaciones en el numeral 630.5.3.1.

630.5.3.3 Otras tolerancias

- Espesores de placas: de menos un centímetro a más dos centímetros (- 1,0 cm a + 2,0 cm).
- Cotas superiores de placas y andenes: de menos un centímetro a más un centímetro (- 1,0 cm a + 1,0 cm).
- Recubrimiento del refuerzo: más o menos diez por ciento (± 10 %).
- Espaciamiento entre varillas: de menos dos centímetros a más dos centímetros (- 2,0 cm a + 2,0 cm).

Se deben cumplir los requisitos de la ACI 117, Especificación para la tolerancia de estructuras de concreto y materiales; para las especificaciones de tolerancia que no se presentan en este documento.

630.5.3.4 Regularidad de la superficie

La superficie no puede presentar irregularidades que superen los límites que se indican a continuación, al colocar sobre esta una regla de tres metros (3 m).

- Placas y andenes: cero coma cuatro centímetros (0,4 cm).
- Otras superficies de concreto simple o reforzado: un centímetro (1,0 cm).
- Muros de concreto ciclópeo: dos centímetros (2,0 cm).

630.5.4 Defectos a edades tempranas

Si se presentan fisuras a una edad temprana, se deben revisar detalladamente las mezclas utilizadas, los asentamientos medidos, el manejo de las películas o el procedimiento de protección y curado, las condiciones ambientales y el concreto y, en general, todos los elementos que puedan haber incidido en la ocurrencia del fenómeno.

Se deben tomar medidas de corrección y reparación, de acuerdo con el origen de estos defectos, las cuales deben ser asumidas por el constructor y aprobadas por el interventor.

En todos los casos, el constructor debe presentar, previamente, un documento con las acciones correctivas propuestas, incluyendo materiales, dimensiones y procedimientos que pretende utilizar para la reparación.

630.6 Medida

La unidad de medida del concreto estructural debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1), de mezcla de concreto realmente suministrada, colocada y consolidada en obra, debidamente acabada y curada; aprobada por el interventor.

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

El volumen se debe determinar multiplicando la longitud horizontal, medida a lo largo de la estructura, por el ancho y el espesor especificados en los documentos del proyecto. No se debe medir, para los fines de pago, ninguna obra ejecutada por fuera de las dimensiones o líneas establecidas en los documentos del proyecto.

De los volúmenes calculados se deben deducir los correspondientes a las tuberías de drenaje y elementos de acero, excepto los ocupados por el acero de refuerzo y de preesfuerzo.

630.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada, de acuerdo con esta especificación y aprobada por el interventor.

El precio unitario debe cubrir todos los costos de adquisición, obtención de permisos y derechos de explotación y alquiler de las fuentes de las cuales se extraen 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.

Debe cubrir, también, todos los costos de construcción o mejoramiento de las vías de acceso a las fuentes, y 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, los cargues, los transportes, los descargues y las mezclas de todos los materiales constitutivos de la mezcla cuya fórmula de trabajo se haya aprobado, incluyendo los aditivos, adiciones suplementarias y complementarias.

El precio unitario debe incluir, también, los costos por concepto de patentes utilizadas

por el constructor; el suministro, la instalación y la 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 formaletas y la obra falsa y su construcción y remoción; el diseño y la elaboración de las mezclas de concreto, su cargue, su transporte al sitio de la obra, la colocación y el 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, debe incluir el costo de la señalización preventiva y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos, y los costos de administración e 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 debe medir y pagar de acuerdo con el artículo 640 y el de preesfuerzo de acuerdo con el artículo 641.

630.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
630.1	Tipo de concreto	Metro cúbico (m^3)

Nota: se debe elaborar un ítem de pago para cada tipo de concreto que tenga el proyecto. Cada tipo de concreto se debe describir completamente, de acuerdo con las indicaciones del numeral 630.2.6.

630.9 Glosario

Las siguientes definiciones son aplicables a esta especificación:

630.9.1 Material cementante

Un material cementante es aquel que tiene las propiedades de adhesión y cohesión necesarias para unir agregados y conformar una masa sólida de resistencia y durabilidad adecuada. Los principales cementantes son los cementos hidráulicos, algunas escorias y ciertos materiales con propiedades puzolánicas. De acuerdo con el nivel de cementación y los requisitos específicos de las aplicaciones, estos cementantes se pueden utilizar en forma individual o combinados entre sí.

630.9.2 Adiciones suplementarias

Son materiales inorgánicos de origen natural o artificial que tienen propiedades puzolánicas, hidráulicas o ambas, y que al ser incorporadas en las mezclas cementicias (lechadas, morteros o concretos) o directamente adicionadas durante la fabricación del cemento, permiten alcanzar mejoras tecnológicas de desempeño, ya sea en su estado fresco, durante su fraguado y/o en su estado endurecido (propiedades resistentes y durables).

Algunos ejemplos son las cenizas volantes (clases C y F según la NTC 3493/ASTM C618), el humo de sílice, las puzolanas naturales o calcinadas, las escorias de alto horno (granulada y molida), el metacaolín (arcilla calcinada), entre otros.

De acuerdo con la disponibilidad de materiales, las propiedades finales deseadas y las

capacidades tecnológicas, se puede utilizar más de un tipo de adición suplementaria, en forma combinada con los demás materiales. Los cementos o mezclas «ternarias» son aquellas que contienen dos adiciones suplementarias diferentes en su composición, además del Clinker, yeso y aditivos de proceso (si se usan).

Dependiendo de la naturaleza de la adición, estas pueden no solo contribuir con las propiedades de ganancia de resistencia del cemento, sino también con otras propiedades de las mezclas.

Tabla 630 — 20. Naturaleza de las adiciones suplementarias

Material	Naturaleza cementante o tipo de reacción
Puzolana natural (clase N) (Nota 1)	Puzolánica con cemento Portland
Ceniza volante silícea (clase F) (Nota 1)	Puzolánica con cemento Portland
Ceniza volante de alta cal (clase C) (Nota 1)	Puzolánica con cemento Portland, pero también ligeramente hidráulica
Escoria de alto horno granulada y molida	Potencialmente Hidráulica
Humo de sílice (Nota 2)	Puzolánico con cemento Portland
Relleno calcáreo	Llenante con acción hidráulica ligera con cemento Portland
Metacaolín (arcilla calcinada)	Puzolánica con cemento Portland

Nota 1: clasificación de acuerdo con la NTC 3493 (ASTM C618).

Nota 2. debe cumplir lo establecido en la norma técnica ASTM C1240.

630.9.3 Adiciones complementarias

Son materiales que se incorporan a las mezclas de concreto para mejorar o modificar otras prestaciones del concreto diferentes a las características cementantes o de actividad hidráulica que sí ofrecen las adiciones suplementarias.

Las adiciones complementarias pueden ser fibras, pigmentos, llenantes, polímeros, entre otros.

- Las fibras para el concreto consisten en elementos de corta longitud y pequeña sección que son incorporadas a su masa, con el objetivo de mejorar algunas de sus prestaciones, tanto en estado fresco como una vez endurecido. Estas fibras generalmente son de acero, polímeros, vidrio (protegida al álcali), o su combinación, disponibles en una amplia variedad de formas, tamaños y espesores.
- La utilización de fibras contribuye a modificar el comportamiento del concreto, ya sea, para disminuir la fisuración, modificar la resistencia, conceder ductilidad, aumentar la durabilidad, o las que sean aplicables según el diseño. Es conveniente que se determine la dosificación y el tipo de fibras por utilizar, dependiendo de las normas

que las estipulan, para que de este modo se logre proporcionar la funcionalidad del material en los diferentes espacios y a su vez se garantice un adecuado desempeño de la estructura.

- Los pigmentos son partículas de polvo más fino que el cemento, químicamente inertes y que resisten la alcalinidad del cemento, modificando el color del concreto y que pueden ser naturales o sintéticos. El color depende de la pureza del pigmento, del porcentaje de la sustancia colorante, de su finura y su granulometría. Se recomienda no pasar del diez por ciento (10 %) de pigmentos en la mezcla, para no tener exceso de partículas finas.
- Los llenantes son materiales inertes químicamente conocidos como «rellenos» que fomentan la densificación de la pasta de cemento o pueden tener un efecto físico contribuyendo a la dispersión de los granos de cemento, a la vez que actúan como centros de nucleación, facilitando mejores condiciones para la hidratación y el desarrollo de resistencia a edad temprana.

630.9.4 Norma Sismo Resistente (NSR)

Se refiere al Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, encargado de regular las condiciones con las que deben contar las construcciones, con el fin de que la respuesta estructural a un sismo sea favorable.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

CAPITULO DE COMPLEMENTARIAS

ITEM 5,4 - SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE GEOTEXTIL TR2400, O SIMILAR, SEGÚN LAS ESPECIFICACIONES DEL INVIAS (ARTICULO 231) (Especificación INVIAS ART.231)

Separación de suelos de subrasante y capas granulares con geotextil

Artículo 231 – 22

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 documentos del proyecto.

Para que la función de separación por parte del geotextil sea efectiva, el suelo de subrasante debe presentar un valor de CBR mayor o igual a tres por ciento (CBR ≥ 3 %), determinado con el ensayo descrito en la norma INV E-169 o tener un valor de resistencia al corte igual o mayor a noventa kilopascales (≥ 90 kPa). La determinación de la resistencia al corte se puede realizar con cualquiera de los siguientes ensayos: norma INV E-152 o INV E-170. Los sitios para hacer las determinaciones deben ser los previstos en los documentos del proyecto o los indicados por el interventor. Adicionalmente a lo anterior, el suelo de subrasante no se puede encontrar en condición saturada.

231.2 Materiales

231.2.1 Geotextil

El tipo y las propiedades requeridas del geotextil deben ser 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 debe tener el geotextil.

En general, se pueden emplear geotextiles tejidos o no tejidos, elaborados a partir de polímeros sintéticos de cadena larga, compuestos con un porcentaje mínimo del noventa y cinco por ciento (95 %) en masa de poliolefinas o poliéster. El geotextil debe 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 VMPR es una herramienta de control de la calidad, que le permite a los fabricantes establecer los valores en sus certificados de manera que el comprador tenga un nivel de confianza del noventa y siete coma siete por ciento (97,7 %) en que las propiedades, medidas sobre el producto que compra, cumplen los valores certificados. Para datos que tengan una distribución normal, el VMPR se debe calcular 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 deben satisfacer los requisitos establecidos en este artículo.

231.2.1.1 Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas del geotextil se deben establecer en los documentos del proyecto, según las condiciones particulares del mismo y la clase de supervivencia que se defina en ellos. Las propiedades mecánicas para su supervivencia en condiciones normales de instalación se especifican en la Tabla 231 — 1, en términos de VMPR.

231.2.1.2 Propiedades hidráulicas

Las propiedades hidráulicas que debe 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 VMPR.

Adicionalmente a los requisitos de permitividad, los documentos del proyecto pueden especificar requisitos de permeabilidad, determinada según la norma de ensayo ASTM D4491 (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 (%)	D4632	< 50	≥ 50
Resistencia a la tensión Grab, valor mínimo (N)	D4632	1 100	700
Resistencia de la costura a la tensión Grab, valor mínimo (N)	D4632	990	630
Resistencia a la penetración con pistón de cincuenta milímetros (50 mm) de diámetro, valor mínimo (N)	D6241	2 200	1 375
Resistencia al rasgado trapezoidal, valor mínimo (N). (Nota)	D4533	400	250

Nota: el VMPR para la resistencia al rasgado trapezoidal de los geotextiles tejidos monofilamento debe ser de doscientos cincuenta newtons (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)	D4491	0,02
Tamaño de abertura aparente (TAA), valor máximo (mm). (Nota 2)	D4751	0,60
Estabilidad ultravioleta después de quinientas horas (500 h) de exposición, valor mínimo (%)	D4355	50

Nota 1: la permitividad del geotextil debe 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 debe tener 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, debe estar acreditado bajo la norma ISO/IEC 17025 o contar con una acreditación *GAI-LAP (Geosynthetic Accreditation Institute-Laboratory Accreditation Program)* del *Geosynthetic Institute (GSI)*.

El fabricante o proveedor debe 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 debe cumplir todo lo especificado en los artículos 311, Afirmado; 320, Subbase granular; y 330, Base granular, según sea el caso, de acuerdo con los documentos del proyecto.

231.2.3 Materiales accesorios

Los materiales accesorios, tales como grapas, arandelas, elementos de fijación y demás elementos necesarios para la instalación del geotextil deben cumplir los requisitos establecidos en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante del geotextil.

231.3 Equipo

Se debe 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 se deba colocar sobre el geotextil, de conformidad con la especificación correspondiente y los documentos del proyecto.

231.4 Ejecución de los trabajos

231.4.1 Generalidades

El interventor debe exigir 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, la conformación y la compactación del material de cobertura, de manera que el geotextil quede expuesto el menor tiempo posible.

Durante el transporte y el almacenamiento, los geotextiles deben tener empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo, y otros materiales que puedan afectar sus propiedades. Los empaques se deben mantener hasta que el material sea utilizado en obra. El geotextil debe ser almacenado en lugares protegidos del sol, libres de humedad y alta temperatura.

231.4.2 Suministro y manejo de los geotextiles

El geotextil que se suministre debe estar debidamente empacado. La identificación,

el almacenamiento y el manejo de los rollos de geotextil se debe hacer atendiendo lo dispuesto en la norma ASTM D4873.

El vehículo en el que se transporten los rollos de geotextil debe tener la longitud necesaria para proporcionarles apoyo continuo y evitar que se flexionen y dañen durante el traslado.

En el transporte (carga y descarga) de los rollos de geotextil se debe evitar que se produzcan daños mecánicos en los rollos (pinchazos, cortes, etc.).

Los rollos de geotextil se deben almacenar horizontalmente, preferiblemente, en sitios cubiertos protegidos de la luz solar y la humedad. Adicionalmente, si el almacenamiento se hace a la intemperie, el empaque debe ser opaco e impermeable y los rollos de geotextil se deben colocar elevados sobre soportes o estantes y no sobre el piso. En todo caso se deben evitar temperaturas superiores a setenta grados Celsius (70 °C).

Los rollos de geotextil deben ser almacenados preferiblemente en sitios cercanos al frente de trabajo, sobre superficies planas y libres de piedras u otros objetos que puedan dañarlo.

No se debe almacenar ningún rollo o fracción que haya resultado dañado o no esté debidamente identificado.

Los rollos de geotextil no deben ser arrastrados, izados por un extremo, levantados por medio de cables o cadenas o lanzados al piso.

En todo caso se deben tener en cuenta las indicaciones adicionales consignadas en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante para el transporte y almacenamiento de los geotextiles.

231.4.3 Preparación de la subrasante

La colocación del geotextil solo debe ser autorizada por el interventor cuando la subrasante se haya preparado adecuadamente, de acuerdo con las indicaciones del numeral 210.4.1.4 del artículo 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos.

La superficie debe ser uniforme, compactada de ser posible y libre de elementos punzantes y cortantes.

231.4.4 Colocación del geotextil

231.4.4.1 Extensión

El geotextil se debe 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, estos se deben traslapar o unir mediante la realización de una costura de acuerdo con lo establecido en el numeral 231.4.4.2.

Los traslapos deben ser los recomendados en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante y aceptados por el interventor, y dependen tanto del CBR de la subrasante como del tránsito que vaya a circular sobre la vía durante la construcción, pero no deben ser inferiores a los indicados en la Tabla 231 — 3.

Tabla 231 — 3. Traslapo mínimo

Condición	Traslapo mínimo
CBR ≥ 3 %	30 cm o costura
Todo final de rollo	1 m o costura

Las costuras que se usen en reemplazo de los traslapos deben cumplir las condiciones descritas en el numeral 231.4.4.2, con los requisitos adicionales que se señalen en la ficha técnica del producto.

En las curvas, para desarrollar su geometría, el geotextil puede ser cortado con sus correspondientes traslapos o costuras, o doblado, según sea el caso.

El geotextil se puede mantener en su posición mediante estacas, pequeños montículos de agregados o cualquier medio mecánico que no lo dañe.

No se debe permitir que el geotextil quede expuesto, sin cubrir, por un lapso mayor a tres días (3 d).

231.4.4.2 Elaboración de costuras

Las costuras deben cumplir los siguientes requisitos mínimos:

- El tipo de hilo debe ser poliéster o polipropileno. No se deben permitir hilos elaborados totalmente con fibras naturales, ni hilos de nylon. Cuando se propongan hilos compuestos por fibras sintéticas y fibras naturales, no se deben permitir aquellos que tengan diez por ciento (10 %) o más, en masa, de fibras naturales. Tampoco se deben permitir costuras elaboradas con alambres.
- El tipo de puntada puede ser simple (Tipo 101) o de doble hilo, también llamada de seguridad (Tipo 401).
- La densidad de la puntada debe ser, como mínimo, de ciento cincuenta a doscientas (150 – 200) puntadas por metro.
- La tensión del hilo se debe ajustar en el campo, de tal forma que no corte el geotextil, pero que sea suficiente para asegurar una unión permanente entre las superficies que se van a coser. Si se hace la costura a mano, se deben tener los cuidados necesarios para que, al pasar el hilo, el rozamiento no debilite 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 puede 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 D4632, debe ser, como mínimo, el noventa por ciento (90 %) de la resistencia a la tensión Grab del geotextil que se está cosiendo, medida de acuerdo con la misma norma de ensayo.
- Los paños de geotextil se deben unir mediante costurado de un color que contraste con el del geotextil, de forma tal que se identifiquen fácilmente las zonas de traslapo o de reparación.
- Se debe entregar al interventor una descripción y muestra del tipo de costura que se va a emplear, como mínimo catorce

días (14 d) antes de iniciar la instalación del geotextil. Se debe presentar el tipo de puntada y la densidad, junto con la información relevante. La muestra debe ser de por lo menos uno coma ocho metros (1,8 m) de costura en uno coma cinco metros (1,5 m) de ancho, realizada con el equipo con el que se va a llevar a cabo el trabajo en campo.

231.4.5 Colocación del material de cobertura

El material de cobertura se debe descargar en un lugar previamente escogido y aprobado por el interventor. Luego, el material se debe extender cuidadosamente, empleando un método que no dé lugar a daños en el geotextil. No se debe permitir el tránsito de maquinaria sobre el geotextil hasta que se conforme y compacte adecuadamente la primera capa del material de cobertura. No se debe permitir 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 debe estar definido en los documentos del proyecto, en función de la granulometría del material, de las características del geotextil y del equipo de construcción. En general, para materiales pétreos de tamaño máximo mayor o igual a treinta milímetros (≥ 30 mm), el espesor de la primera capa compactada de material de cobertura debe 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 debe ser de quince centímetros como mínimo (≥ 15 cm).

El material de cobertura se debe compactar con el equipo adecuado, hasta lograr el grado de compactación exigido para el material en la especificación respectiva, antes de dar paso al tránsito temporal sobre la vía o comenzar las labores de colocación de la siguiente capa. No se debe permitir el uso de equipo vibratorio o de equipos que puedan punzonar el geotextil para la compactación de la primera capa. Los equipos deben ser operados a velocidades inferiores a los quince kilómetros por hora (15 km/h). El relleno se debe llevar a cabo hasta la cota indicada en los documentos del proyecto.

Las obras de colocación y relleno se deben ejecutar por tramos, los cuales deben quedar terminados en lo posible al final de la jornada, a no ser que el interventor lo autorice de otra manera.

Los documentos del proyecto deben definir el ensayo de referencia para la compactación. Sin embargo, cuando no se defina, el material de cobertura se debe compactar a, por lo menos, el noventa y cinco por ciento (95 %) de los ensayos de compactación (INV E-142), teniendo una variación inferior a quince milímetros (15 mm) respecto a los niveles establecidos en el diseño.

231.4.6 Plan de Manejo de Tránsito (PMT)

El constructor debe contar con un PMT e instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, los cuales deben garantizar la seguridad permanente, tanto del personal y de los equipos de construcción, como de usuarios y transeúntes.

231.4.7 Limitaciones en la ejecución

Por ningún motivo se debe permitir 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 deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede 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 sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe 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.

231.4.8 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a la presente especificación se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

231.4.9 Reparaciones

Antes de ser cubierto, el geotextil colocado debe ser inspeccionado en busca de posibles daños de instalación. En caso de que los hubiese, estos se deben reparar inmediatamente, cubriéndolos con un paño de geotextil que se extienda como mínimo setenta y cinco centímetros (75 cm) alrededor de toda la zona dañada. Se deben seguir las consideraciones adicionales para la reparación, consignadas en la ficha técnica del geotextil suministrada por el fabricante.

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 la compactación del material de cobertura, así como los que se deriven de un incorrecto PMT recién terminados los trabajos, deben ser corregidos por el constructor, de acuerdo con las instrucciones del interventor, sin costo alguno para el INVÍAS.

231.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

231.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar 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 documentos del proyecto, 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 geotextiles 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 deben hacer de conformidad con lo establecido en las normas de ensayo ASTM D4354 y ASTM D4759.

Para efectos del pago, el interventor debe medir 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 debe 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 deben satisfacer todos los requisitos establecidos en las Tablas 231 — 1 y 231 — 2 del presente artículo, o los que se establezcan en los documentos del proyecto, según los que prevalezcan.

Cada rollo de geotextil debe ser identificado con etiquetas que indiquen como mínimo el nombre del producto, la razón social o símbolo del fabricante, el tipo de geotextil, polímero geosintético del que está compuesto el geotextil, número de lote, número de rollo, peso, ancho y longitud del rollo, lugar de origen y fecha de fabricación.

El interventor no debe aceptar el empleo de suministros de geotextil que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Dicha constancia no evita, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega.

Además, el interventor debe escoger al azar un número de rollos equivalente a la raíz cúbica del número total de rollos que conformen el lote. Se deben evaluar rollos estándar con un área entre cuatrocientos y seiscientos metros cuadrados (400 m^2 – 600 m^2) cada uno. En el caso de rollos con áreas diferentes, el total de metros cuadrados se debe convertir a unidades de rollos equivalentes de quinientos metros cuadrados (500 m^2).

De cada rollo se deben descartar las dos primeras vueltas de geotextil para el muestreo. Posteriormente, se debe tomar una muestra,

como mínimo de un metro (1 m) por el ancho correspondiente al rollo, verificando que esté totalmente seca y limpia. El número de especímenes se debe terminar de conformidad con las normas de ensayo ASTM D4354 y ASTM D4759. Tales especímenes, debidamente identificados (número de lote, referencia del producto, etc.), se deben 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 debe admitir ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en las Tablas 231 — 1 y 231 — 2, o los que se establezcan en los documentos del proyecto, según los que prevalezcan. No se deben aceptar geotextiles rasgados, agujereados o usados.

231.5.2.2 Calidad del producto terminado

El geotextil colocado debe presentar una superficie uniforme, sin arrugas ni dobleces. Se debe verificar, además, que:

- La distancia entre el eje del proyecto y el borde del geotextil no sea inferior a la señalada en los documentos del proyecto.
- Los traslapos y las costuras cumplan los requisitos establecidos en este artículo.

231.6 Medida

La unidad de medida debe ser el metro cuadrado (m^2), aproximado al entero, de geotextil colocado; aprobado por el interventor, de acuerdo con lo exigido por la presente especificación. El área se debe determinar multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje de la vía, por el ancho especificado en los documentos del proyecto. Para efecto del pago, no se debe medir ningún área por fuera de tales límites, ni se deben considerar los traslapos.

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

231.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al respectivo precio unitario del contrato, por metro cuadrado (m^2), para todo trabajo ejecutado de acuerdo con la presente especificación y aprobado por el interventor.

El precio unitario debe incluir el suministro, el almacenamiento y el transporte del geotextil; la colocación del geotextil; los traslapos 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 debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

El material de cobertura y su colocación se debe pagar de acuerdo con la especificación que corresponda al material utilizado, según se indica en el numeral 231.2.2.

231.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
231.1	Geotextil para separación de suelos de subrasante y capas granulares	Metro cuadrado (m^2)

Nota: se debe elaborar un ítem de pago diferente para cada tipo de geotextil que se especifique en el contrato.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

ITEM 5,7 - SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE PINTURA DE TRÁFICO PARA LÍNEA DE DEMARCACIÓN REFLECTORIZADA CON MICROESFERAS DE VIDRIO (ARTÍCULO 700 DEL INVIAS) (Especificación INVIAS ART.700)

Líneas de demarcación y marcas viales

Artículo 700 – 22

700.1 Descripción

Este trabajo consiste en el suministro, almacenamiento, transporte y aplicación de pintura de tráfico o resina termoplástica de aplicación en caliente, retrorreflectiva con microesferas de vidrio y/o cerámicas para líneas y marcas viales sobre un pavimento, de acuerdo con las dimensiones y los colores que indiquen los documentos del proyecto.

700.2 Materiales

Se pueden utilizar pinturas de aplicación en frío, resinas termoplásticas, materiales prefabricados de larga duración o plásticos de dos (2) componentes de aplicación en frío que cumplan los requisitos de la NTC 1360. Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, la selección del material por utilizar para un caso específico se debe hacer 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 tres (3) grupos: (i) a base de agua; (ii) a base de solventes y (iii) porcentaje de sólidos del cien por ciento (100 %).

El agua utilizada para la disolución de la pintura debe poseer las condiciones mínimas especificadas por el fabricante; los solventes empleados en pinturas deben cumplir con la cantidad máxima indicada en la NTC 1102 de benceno, metanol y compuestos organoclorados; para la resina utilizada el fabricante debe presentar un espectro infrarrojo de la pintura, en los casos que se solicite, cumpliendo lo indicado en la NTC 1360.

Todo envase de pintura se debe rotular según los requerimientos mínimos de la 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 NTC 1360 o en la Tabla 700 – 1.

El cambio de color ΔE debe ser, para pinturas blancas, menor o igual a seis unidades CIELAB (ΔE ≤ 6) y, para pinturas amarillas, menor o igual a diez unidades CIELAB (ΔE ≤10), cuando el tiempo de ensayo sea de

Tabla 700 – 1. Valores de color de pintura para demarcación de aplicación en frío

Característica	Color	
	Amarillo	Blanco
L	72 a 82	≥ 90
A	18 a 27	0 a -2,2
b	74 a 86	0 a 5

trescientas horas (300 h). La medición del color se debe efectuar de acuerdo con la norma ASTM D1535; la determinación de la estabilidad del color después de realizar el ensayo se debe hacer con base en la norma ASTM G154 y la diferencia de color se debe calcular con la norma ASTM D2244.

700.2.1.1.2 Composición

- Pigmento: entre cincuenta y sesenta por ciento (50 % y 60 %), en masa.
- Agentes de unión: entre cuarenta y cincuenta por ciento (40 % y 50 %), en masa.
- Ligante: copolímero acrílico de bajo peso molecular y liberación rápida de solventes.

Se pueden 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 minutos (30 min), sin transferencia de pintura a ninguna de las llantas de un vehículo.
- No "pick up": tiempo menor o igual a quince minutos (15 min) para una capa de quince más o menos cero coma cinco mils (15 mils ± 0,5 mils) de espesor a una temperatura de veintitrés más o menos dos grados Celsius (23 °C ± 2 °C) y una humedad relativa de cincuenta más o menos cinco por ciento (50 % ± 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 debe hacer de acuerdo con el método de la NTC 5734.

700.2.1.1.4 Viscosidad

Debe estar comprendida entre setenta y cinco y noventa y cinco unidades Krebs (75 y 95 KU), a una temperatura de veinticinco grados Celsius (25 °C). Esta determinación se hace con base en la NTC 559.

700.2.1.1.5 Contenido de agua

Para pinturas a base de solventes diferente al agua, no mayor del cero coma cinco 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) debe corresponder a la indicada por el fabricante, y su variación debe estar sujeta a los rangos de la 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 debe presentar sedimentación excesiva en envase lleno y recientemente abierto. Se debe poder dispersar a un estado homogéneo por agitación con espátula, después de lo cual no debe presentar coágulos, natas, depósitos duros, ni separación de color. En todo cuñete o envase de pintura debe aparecer la marca del fabricante y la fecha de producción. No se pueden aplicar

pinturas con más de un (1) año de elaboración o sin etiqueta de fecha de producción.

700.2.1.1.8 Estabilidad en envase lleno

La pintura no debe aumentar su consistencia o viscosidad; debe estar dentro del rango de sesenta y ocho y ciento cinco unidades Krebs (68 y 105 KU) medida a la temperatura de veinticinco grados Celsius (25 °C), para pinturas a base de agua, en más de cinco unidades Krebs (5 KU), para pinturas a base de solventes y para pinturas sin solvente, plástico en frío, no se debe presentar un cambio mayor del cinco por ciento (5 %) en la viscosidad, respecto de la definida por el fabricante ni tener problemas de inestabilidad cuando se ensaye, de acuerdo con lo establecido en la NTC 1360.

El ensayo que se debe utilizar para evaluar esta variación, es el indicado en la norma ASTM D1849.

700.2.1.1.9 Estabilidad a la dilución

La pintura debe permanecer estable y homogénea, sin originar coagulaciones ni precipitados, cuando se diluya una muestra de ochenta y cinco centímetros cúbicos (85 cm^3) de la misma con quince centímetros cúbicos (15 cm^3) de toluol o del disolvente indicado por el fabricante, si explícitamente este así lo indica.

Los ensayos de estabilidad se deben realizar según la norma MELC 12.77.

700.2.1.1.10 Propiedades de aplicación

La pintura debe ser 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, debe ser lo suficientemente pequeña para que no produzca cubrimiento total de las esferas de mayor tamaño.

Según la norma MELC 12.03, la pintura debe ser de aplicación fácil y uniforme mediante equipos mecánicos de demarcación y debe tener excelentes propiedades de cubrimiento.

700.2.1.1.11 Finura

La pintura debe ser bien mezclada durante el período de manufactura y los pigmentos que se incorporen adecuadamente pulverizados, con una finura de dispersión de tres (3) unidades Hegman, con base en la NTC 557.

700.2.1.1.12 Contenido de dióxido de titanio

La pintura de color blanco debe tener, como mínimo, un diez por ciento (10 %) de contenido en masa de pigmento de dióxido de titanio, determinado según la NTC 1323. El porcentaje en masa de dióxido de titanio no debe diferir en más de dos por ciento (± 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 puede ser menor de lo indicado en la Tabla 700 – 2. La determinación se debe realizar con base en las normas NTC 1786 y NTC 1227, respectivamente.

El porcentaje en masa de materia no volátil, no puede diferir en más de dos por ciento (± 2 %) del valor indicado por el fabricante.

700.2.1.1.14 Contenido en ligante

Realizado el ensayo según la norma UNE 48238, el porcentaje en masa de ligante no puede diferir en más de dos por ciento (± 2 %) del valor indicado por el fabricante.

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
Sin solvente - Plástico en frío, mínimo (%)	98	-
Norma de ensayo	NTC 1786	NTC 1227

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 horas (24 h) a veinte más o menos dos grados Celsius (20 °C ± 2 °C) y sesenta más o menos cinco por ciento (60 % ± 5 %) de humedad relativa, debe tener 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 debe 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 debe oscurecer ni tampoco decolorar cuando se someta a la acción de los rayos ultravioleta por un período de sesenta minutos (60 min).

700.2.1.2.3 Flexibilidad

La pintura, aplicada en espesor de cero coma cero ocho milímetros (0,08 mm), no debe presentar desprendimiento ni agrietamiento al doblar la muestra sobre un eje de nueve coma cinco 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 horas (48 h) después de aplicada, la pintura debe 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 debe ser mínimo de cero coma nueve (0,9) y el ensayo se debe hacer de acuerdo con la norma ASTM D868.

700.2.1.2.6 Resistencia a la inmersión en agua

Al preparar una muestra de pintura, con base en la norma ASTM D870 y después de veinticuatro horas (24 h) de inmersión a temperatura ambiente, esta no debe reblandecerse (NTC 5252), ampollarse (NTC 1457-3), arrugarse, perder adhesión (NTC 811), cambiar de color (ASTM D2616) o mostrar cualquier evidencia de deterioro.

700.2.1.2.7 Resistencia a los álcalis

Al aplicar la pintura con un espesor de película seca de cero coma quince milímetros (0,15 mm), sobre una placa de metacrilato preparada adecuadamente para tal efecto, se debe poner a secar a temperatura ambiente y, posteriormente, colocarla en una solución saturada de hidróxido de sodio. Después de cuarenta y ocho horas (48 h) de inmersión a una temperatura de cuarenta y cinco grados Celsius (45 °C), no puede presentar cuarteamiento, ampollamiento, perforaciones diminutas (punta de alfiler), desprendimientos, arrugas, ni decoloración, de acuerdo con lo indicado en la NTC 1360.

700.2.1.2.8 Resistencia a la abrasión

Se debe efectuar de acuerdo con lo señalado en la NTC 1360, para una capa de pintura húmeda, que debe resistir al secarse, como mínimo, la caída libre de cien decímetros cúbicos (100 dm^3) para pinturas a base de agua, ochenta decímetros cúbicos (80 dm^3) para pinturas a base solvente y doscientos decímetros cúbicos (200 dm^3) para pintura sin solvente - plástico en frío.

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 debe cumplir lo relacionado en la Tabla 700 – 4.

700.2.2.3 Masa unitaria

La masa unitaria del material, después de su fusión, debe ser de dos más o menos cero coma dos kilogramos por litro (2 kg/L ± 0,2 kg/L). La determinación se debe hacer de acuerdo con la norma ASTM D70.

Tabla 700 – 3. Coordenadas cromáticas de color para resina termoplástica

Color	Coordenadas cromáticas								Factor de luminancia	
	1		2		3		4		Demarcación	Laboratorio
	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	> 0,40	> 84
Amarillo	0,443	0,399	0,545	0,455	0,465	0,535	0,389	0,431	> 0,20	> 40

Tabla 700 – 4. Composición de resinas termoplásticas blanca y amarilla

Elemento	Color	
	Blanco	Amarillo
Ligante	≥ 18 %	≥ 18 %
Dióxido de titanio	≥ 10 %	-
Microesferas de vidrio	30 % a 40%	30 % a 40 %
Carbonato de calcio y rellenos inertes	≤ 42 %	(Nota)
Pigmento amarillo	0	≥ 4 %

Nota: la cantidad de pigmento amarillo, carbonato de calcio y rellenos inertes depende del fabricante, siempre que se cumplan los requisitos de la NTC 5867.

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 debe ser 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, luego de haber sido sometido a una temperatura de sesenta más o menos dos grados Celsius (60 °C ± 2 °C) durante veinticuatro horas (24 h), no debe ser mayor del dos por ciento (2 %), según la norma UNE 135223.

700.2.2.6 Temperatura de inflamación

El material termoplástico se debe fundir en un baño de aceite a ciento ochenta grados Celsius (180 °C), homogeneizándolo mediante agitación durante al menos dos horas (2 h). Una vez lograda la perfecta homogeneidad y fluidez de la muestra, se debe verter en el vaso abierto de Cleveland de manera que la parte inferior de su menisco quede a un centímetro (1 cm) 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, acorde con las normas INV E-709, NTC 5009 (UNE 104281 o ASTM D92), la temperatura de inflamación no debe ser inferior a doscientos cincuenta grados Celsius (250 °C).

700.2.2.7 Factor de luminancia

Empleando un observador patrón 2°, una geometría de medida de cuarenta y cinco (45/O) y una fuente de luz de distribución espectral como la dada por el iluminante D65, el valor del factor de luminancia (B) debe ser al menos de cero coma ochenta (0,80) para el

color blanco y cero coma cuarenta (0,40) para el color amarillo (norma ASTM E1347).

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 °C ± 2 °C) durante seis horas (6 h) con agitación continua, no debe variar en más de cero coma cero tres (0,03) (norma BS EN 1871:2020).

700.2.2.9 Envejecimiento artificial acelerado

Se preparan dos (2) 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 días (7 d), en posición horizontal a una temperatura de veintitrés más o menos cinco grados Celsius (23 °C ± 5 °C) y cincuenta más o menos cinco por ciento (50 % ± 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 G154). Realizado el ensayo durante ciento sesenta y ocho horas (168 h), en ciclos de ocho horas (8 h) de radiación UV de longitud de onda comprendida entre doscientos ochenta nanómetros (280 nm) y trescientos diez y seis nanómetros (316 nm) a sesenta más o menos tres grados Celsius (60 °C ± 3 °C) y cuatro horas (4 h) de condensación a cincuenta más o menos dos grados Celsius (50 °C ± 2 °C), no se debe producir un aumento o una disminución en el factor de luminancia superior a cero coma cero cinco (0,05) respecto del valor original. Por otra parte, el material aplicado después del ensayo y observado dos horas (2 h) después de su aplicación, no debe presentar defecto superficial alguno (norma ASTM D4587).

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 debe 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 debe 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 deben ser transparentes, sin color apreciable, suaves, bien redondeadas,

no deben contener nubes o aspecto lechoso ni burbujas de aire que puedan afectar su funcionamiento.

El porcentaje ponderado de microesferas de vidrio defectuosa debe ser como máximo del dos por ciento (2 %) para las microesferas cuyo diámetro sea inferior a un milímetro (1 mm) y del treinta por ciento (30 %) para las microesferas cuyo diámetro sea igual o superior a un milímetro (1 mm), siempre que el porcentaje de granos y de partículas extrañas sea como máximo del tres por ciento (3 %) en ambos casos.

Después de someterse a los ensayos de la NTC 2072, las microesferas de vidrio que presenten alteraciones deben considerarse como defectuosas.

700.2.3.1.3 Clasificación

De acuerdo con su tamaño e índice de refracción, las microesferas de vidrio se clasifican en:

Tipo I: de bajo índice de refracción de vidrio reciclado.

Tipo III: de índice de refracción alto.

Tipo IV: de índice de refracción bajo, vidrio fundido directo.

700.2.3.1.4 Composición

Las microesferas de vidrio Tipo I, deben estar fabricadas completamente de fragmentos de vidrio recuperados mediante el proceso de pulido al fuego y contener máximo el sesenta por ciento (60 %) de sílice.

Las microesferas de vidrio Tipo III, deben estar fabricadas en un material tal, que cumpla con los requisitos de la NTC 2072.

Las microesferas de vidrio Tipo IV, deben estar fabricadas mediante el proceso de fundición directa del vidrio con un material tal que observe los requisitos de la NTC 2072. No deben contener residuos visibles de carbón.

700.2.3.1.5 Índice de refracción

El índice de refracción de las microesferas de vidrio se debe determinar usando el método de inmersión en líquido con una fuente de luz blanca, a una temperatura de veinticinco grados Celsius (25 °C).

Las microesferas Tipo I y Tipo IV, deben tener un índice de refracción entre uno coma cincuenta y uno coma cincuenta y cinco (1,50 y 1,55) y para microesferas Tipo III, el índice debe estar en el rango entre uno coma noventa y uno coma noventa y tres (1,90 y 1,93). La medición se debe hacer con acatamiento de la NTC 2072.

700.2.3.1.6 Densidad

La densidad de las microesferas de vidrio Tipo I y Tipo IV debe estar en el rango entre dos coma tres y dos coma seis gramos sobre centímetro cúbico (2,3 g/cm^3 y 2,6 g/cm^3), y para microesferas de vidrio Tipo III, estar en el rango entre cuatro y cuatro coma cinco gramos sobre centímetro cúbico (4 g/cm^3 y 4,5 g/cm^3), en observancia de lo especificado en la NTC 2072.

700.2.3.1.7 Granulometría

La granulometría de las microesferas de vidrio debe estar dentro de los límites dados en la Tabla 700 – 5.

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, previa realización de los análisis de resultados de pruebas de campo y laboratorio.

700.2.3.1.8 Resistencia a la fractura

La microesfera de vidrio debe presentar una resistencia mínima a la fractura, así:

- Para las microesferas de vidrio retenidas en el tamiz de 0,600 mm (nro. 30): ciento setenta y ocho newton (178 N).
- Para las microesferas que pasen el tamiz de 0,600 mm (nro. 30) y que queden retenidas en el tamiz de 0,425 mm (nro. 40): ciento treinta y tres coma cinco newton (133,5 N).

700.2.3.1.9 Resistencia a la humedad

Las microesferas deben fluir libremente al ser ensayadas con el siguiente procedimiento: en un vaso de precipitado de quinientos centímetros cúbicos (500 cm^3) se colocan cien gramos (100 g) de microesferas de vidrio, luego se adiciona un volumen equivalente de agua

Tabla 700 – 5. Granulometría de las microesferas de vidrio retrorreflectivas, porcentaje en peso que pasan

Tamiz		Tipo I				Tipo III		Tipo IV			
Tamiz U.S. (ASTM E11-NTC 32	Tamiz ISO 565 R40/3, Micrones	A Gruesa-posmezclado		B Fina-premezclado		posmezclado		A Grande y gruesa - posmezclado		B Medio gruesa-posmezclado	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
12	1 700	-	-	-	-	-	-	100	-	100	-
14	1 400	-	-	-	-	-	-	95	100	-	-
16	1 180	-	-	-	-	100	-	80	95	95	100
18	1 000	-	-	-	-	-	-	10	40	-	-
20	850	100	-	-	-	95	100	0	5	35	70
30	600	80	100	-	-	55	75	-	-	0	5
40	425	-	-	-	-	15	35	-	-	-	-
50	300	18	35	-	-	0	5	-	-	-	-
70	212	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-
80	180	-	-	85	100	-	-	-	-	-	-
100	150	0	10	-	-	-	-	-	-	-	-
140	106	-	-	15	55	-	-	-	-	-	-
200	75	0	2	-	-	-	-	-	-	-	-
230	63	-	-	0	10	-	-	-	-	-	-

Nota: las microesferas Tipo I, se clasifican en: Grado A (tamaño grueso para sembrado, posmezclado) y Grado B (tamaño fino premezclado) y las microesferas Tipo IV, se clasifican en: Grado A (Tamaño grueso para sembrado, posmezclado) y Grado B (tamaño fino para sembrado, posmezclado).

agregada de tal forma que la parte superior de las microesferas sea humedecida; se deja en reposo durante cinco minutos (5 min). Después de este periodo, se transfieren las microesferas de vidrio a un vaso de precipitados limpio y seco y se dejan en reposo durante cinco minutos (5 min); pasado este tiempo, se vierten las microesferas en un embudo de doce coma cinco centímetros (12,5 cm) de diámetro con un vástago de diez centímetros (10 cm) de longitud; las microesferas deben fluir a través del embudo sin interrupción (es permitida una agitación inicial suave para iniciar el flujo), todo ajustado a la NTC 2072.

700.2.3.1.10 Embalaje e identificación

Las microesferas de vidrio se deben empacar en lotes como lo haya especificado el proveedor y en recipientes impermeables de material adecuado que permitan conservar la calidad del producto. En el empaque/envase o en el rótulo adherido firmemente a este, se debe indicar:

- Tipo de microesfera de vidrio.
- Nombre y dirección del fabricante.
- Marca comercial de fábrica y su ubicación.
- 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.
- Sugerencias de aplicación.
- Abertura de los tamices superior e inferior nominales de su granulometría.
- Información y advertencias que se requieran por la legislación nacional vigente.
- Marcado adicional según se especifique en el contrato o en la orden de pedido.

700.2.3.1.11 Propiedades de aplicación

En caso de aplicación de la microesfera de vidrio sembrada, la pintura de demarcación de pavimentos se debe aplicar sobre la superficie del pavimento, empleando como mínimo cuatrocientos gramos sobre metro cuadrado (400 g/m^2) de microesfera; si la aplicación de las microesferas es premezclada, la proporción de microesfera de vidrio en la pintura para demarcación de pavimentos debe ser de doscientos a doscientos cincuenta gramos sobre litro (200 g/L a 250 g/L) y se debe incorporar antes de la aplicación; las microesferas de vidrio deben fluir libremente de la máquina dosificadora y la retrorreflexión debe ser satisfactoria para la señalización, de acuerdo con el numeral 700.5.2.3.

700.2.4 Óptica compuesta

700.2.4.1 Características

700.2.4.1.1 Naturaleza

La óptica compuesta debe 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.

700.2.4.1.2 Composición

La óptica compuesta es una partícula retrorreflectante multicomponente conformada por un

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

núcleo pigmentado (típicamente blanco o amarillo), combinado con microesferas de vidrio o microesferas cerámicas muy pequeñas. Los elementos compuestos no deben fabricarse con materiales que se sepa contienen trazas de plomo, cromo o arsénico.

700.2.4.1.3 Índice de refracción

Los elementos compuestos deben tener un índice de refracción entre uno coma nueve y dos coma cuatro (1,9 y 2,4) cuando se prueben utilizando el método de inmersión en aceite líquido, con base en lo establecido en la norma ASTM D7942.

700.2.4.1.4 Granulometría

La granulometría debe estar dada por el fabricante de la óptica compuesta.

700.2.4.1.5 Embalaje e identificación

El material de óptica compuesta se debe empacar en lotes como lo haya especificado el proveedor y en recipientes impermeables de material adecuado que permitan conservar la calidad del producto. En el empaque/envase o en el rótulo adherido firmemente a este, se debe indicar:

- Tipo de elemento.
- Nombre y dirección del fabricante.
- Marca comercial de fábrica y su ubicación.
- 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.
- Sugerencias de aplicación.
- Información y advertencias que se requieran por la legislación nacional vigente.
- Marcado adicional según se especifique en el contrato o en la orden de pedido.

700.2.4.1.6 Propiedades de aplicación

La dosificación mínima de la óptica compuesta debe estar en observancia de las especificaciones del fabricante y en concordancia con la norma ASTM D7942; la óptica compuesta debe fluir libremente de la máquina dosificadora y la retrorreflexión debe ser satisfactoria para la señalización, según el numeral 700.5.2.3.

700.2.5 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, son 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 deben ser objeto de una especificación particular.

700.3 Equipo

La pintura de líneas y la elaboración de marcas viales, se deben realizar con un equipo que cumpla lo especificado en la NTC 4744-2 en lo referente a este particular y en cada uno de sus puntos.

Se debe disponer, además, de un camión con capacidad igual o superior a cinco toneladas (5 t), 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

Para seleccionar la clase de material de demarcación vial por aplicar, se debe llevar a cabo el procedimiento establecido en la NTC 4744-1, a partir de las características específicas del proyecto (situación de la demarcación vial, textura superficial del pavimento, tipo de vía, ancho de carril y tránsito promedio diario (TPD)).

700.4.2 Preparación de la superficie

Antes de aplicar la demarcación, debe inspeccionarse el pavimento, con el fin de comprobar su estado superficial y posibles defectos existentes, para así determinar el sistema de demarcación por realizar.

La superficie que va a recibir el material de demarcación debe estar seca y libre de polvo, grasa, aceite y otras sustancias extrañas que afecten la adherencia del recubrimiento. La limpieza se debe efectuar por cualquier procedimiento que resulte aceptable para el interventor.

Cabe anotar que los materiales cementantes que impidan la adherencia, deben ser retirados mediante el lavado de la superficie.

Las superficies de hormigón nuevas y los agregados expuestos se deben someter a un tratamiento con materiales compatibles con el producto que se va a aplicar, según las recomendaciones del fabricante, con el fin de garantizar la adherencia, previa eliminación de todos los materiales empleados en el proceso de curado del hormigón.

Para garantizar contraste entre la superficie del hormigón y la demarcación vial, debe emplearse una línea negra adyacente a la de demarcación, de ancho igual a un cuarto (1/4) del ancho de la línea, excepto para marcas viales donde se implementan líneas negras de ancho igual a cincuenta milímetros (50 mm). Esto es válido tanto para aplicaciones por primera vez, como para aplicaciones de repintado.

La demarcación que se aplique debe ser compatible con la superficie de rodadura y debe presentar buena adherencia; en caso contrario, se debe efectuar el tratamiento superficial. Se deben tener en cuenta los criterios de compatibilidad entre los componentes del material de demarcación y la superficie de rodadura, definidos por su fabricante.

Si la superficie presenta defectos o huecos notables, se deben corregir los primeros y rellenar los segundos con materiales de la misma naturaleza que los de la superficie, antes de proceder a la aplicación de la pintura.

Previo al inicio de las operaciones de demarcación, el constructor debe efectuar un cuidado-

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

so replanteo que garantice con los medios de demarcación que disponga, una perfecta terminación. En caso de no tener un mejor sistema de referencia, se debe crear una guía de referencia con puntos de treinta milímetros (30 mm) de diámetro espaciados preferiblemente cada cero coma cincuenta metros (0,50 m) y máximo entre cinco y diez metros (5 m y 10 m), en curva y recta respectivamente, los cuales se realizan con la misma pintura con la que se ejecuta el trabajo.

Cuando la demarcación vaya a ser aplicada sobre superficies previamente pintadas o demarcadas, el constructor debe establecer el tipo de tratamiento a ejecutar sobre ellas para garantizar la adherencia con el material nuevo, según lo determinado en la NTC 4744-4, el cual se debe someter a estudio y aceptación por parte del interventor. Si es necesario retirar la pintura o cualquier otro material antiguo, estos deben ser raspados o fresados 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 cero coma quince (0,15), evaluado de acuerdo con la norma UNE-EN 1436, se debe 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 debe aplicar longitudinalmente a lo largo de la vía, en un ancho de doce centímetros (12 cm), con un espesor húmedo entre veinte y treinta mils (20 mils – 30 mils), de acuerdo con la clasificación de pinturas establecida en la NTC 1360; en caso de aplicación de la microesfera de vidrio sembrada, la pintura de demarcación de pavimentos se debe aplicar sobre la superficie del pavimento, empleando como mínimo cuatrocientos gramos sobre metro cuadrado (400 g/m^2) de microesfera; si la aplicación de las microesferas es premezclada, la proporción de microesfera de vidrio en la pintura para demarcación de pavimentos debe ser de doscientos a doscientos cincuenta gramos sobre litro (200 g/L a 250 g/L) y se debe incorporar antes de la aplicación.

El constructor debe someter a estudio y aprobación del interventor el sistema de aplicación de las microesferas de vidrio; estas pueden aplicarse a presión o por gravedad, teniendo 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 debe regular la fuerza del compresor de manera tal que 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, con un espesor seco de dos

coma tres milímetros o noventa mils (2,3 mm o 90 mils), para extrusión y de uno coma cinco milímetros o sesenta mils (1,5 mm o 60 mils) por pulverización, en relación con lo establecido en la NTC 4744-4; las microesferas se deben aplicar a razón de cuatrocientos gramos por metro cuadrado (400 g/m^2) de resina termoplástica aplicada. Esta dosificación varía proporcionalmente de acuerdo con el ancho de la línea y el espesor de la película.

700.4.4 Plan de Manejo de Tránsito (PMT)

El constructor debe contar con un PMT e instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de Transporte, los cuales deben garantizar la seguridad permanente tanto del personal y de los equipos de construcción, como de los usuarios y transeúntes, durante las veinticuatro horas (24 h) del día.

Para actividades que no impliquen el cierre total de la vía, el interventor debe dar su visto bueno previo a la presentación de un PMT. Para casos que impliquen el cerramiento total de la vía, se deben tramitar los permisos correspondientes ante la autoridad competente y se debe presentar el PMT aprobado por el interventor.

Cuando se aplique la demarcación de pintura blanca en líneas de borde de calzada puede requerirse el cierre parcial de la vía, según las condiciones de la aplicación. El vehículo debe ir en el mismo sentido de circulación del tráfico. Una vez aplicada la línea, se debe proteger con conos u otros dispositivos de señalización durante el tiempo de secado, antes de dar al servicio la vía. Para la aplicación de líneas amarillas, se debe cerrar totalmente la vía en calzadas únicas bi-direccionales. No se debe efectuar la demarcación en contravía bajo estas condiciones de circulación.

Cuando el volumen de tránsito es superior a mil (> 1 000) vehículos por día y se va a restringir la circulación, se deben programar, en coordinación con la Oficina de Comunicaciones del Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), cierres máximos de dos horas (2 h) con intermedios de una hora (1 h) de circulación normal e informar por medios de comunicación hablados y escritos sobre esta situación, tres días (3 d) 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 deben suministrar ya preparadas y listas para su empleo y no se les debe agregar ni quitar ningún componente en el sitio de los trabajos.

Únicamente pueden 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 se deben aplicar con el fin de rendir la pintura.

La pintura se debe aplicar de manera homogénea, de tal forma que no haya excesos ni deficiencias en ningún punto; debe formar una película uniforme, sin arrugas, ampollas o bolsas de aire.

Las microesferas deben dispersarse uniformemente en la película de pintura fresca, la cual

debe 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 deben suministrar ya preparadas y listas para su empleo y no se les debe agregar ni quitar ningún componente en el sitio de los trabajos.

La resina termoplástica se debe 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 deben dispersar uniformemente sobre la película de resina en estado líquido, la cual debe 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 no aceptada por el interventor en cuanto a acabado, alineamiento longitudinal y reflectividad, debe ser corregida o removida por el constructor bajo su propia cuenta y riesgo, mediante fresado u otro procedimiento apropiado que no afecte la estructura del pavimento.

En ningún evento se debe utilizar pintura negra de tráfico para tapar la demarcación defectuosa.

Igual tratamiento se debe dar a toda la demarcación colocada en forma diferente a los planos o las instrucciones del interventor y que, a criterio de este, pueda generar confusión o inseguridad a los usuarios de la vía.

El constructor debe remover bajo su propia cuenta y riesgo toda pintura, resina termoplástica o cualquier material utilizado que presente problemas de adherencia con la superficie.

700.4.6 Limitaciones en la ejecución

Bajo condiciones de lluvia no se debe aplicar la pintura para demarcación de pavimentos, ni cuando la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a cinco grados Celsius (5 °C) o superior a cuarenta grados Celsius (40 °C) y según lo especifique el fabricante del producto. Tampoco se debe aplicar el material cuando el viento sea mayor a veinte kilómetros por hora (20 km/h) o la temperatura de la superficie por demarcar sea superior a cuarenta y ocho grados Celsius (48 °C), a no ser que el fabricante de la pintura recomiende su aplicación a esta temperatura en la ficha técnica del producto.

En el momento de la aplicación de la pintura para demarcación, la humedad relativa no puede ser mayor al ochenta por ciento (80 %) y la temperatura de la superficie debe ser mínimo diez grados Celsius (10 °C) por encima del punto de rocío, con el fin de que el vapor de agua del aire no afecte la calidad de la pintura. En todo caso, se debe seguir las recomendaciones de temperaturas definidas por el fabricante del producto.

Se debe verificar la humedad del pavimento con ayuda de equipos de control (menor del cinco por ciento (5 %) de la humedad) o métodos manuales; por ejemplo, para determinar la presencia de agua, se pega sobre la superficie

del pavimento una película de cuatrocientos centímetros cuadrados (400 cm^2) de plástico, empleando cinta de enmascarar, sellando todos los bordes. Luego de treinta minutos (30 min), se examina la presencia de agua condensada sobre el material o la superficie del pavimento. Si se detecta la presencia de agua condensada no se debe aplicar la pintura para demarcación.

No se debe aplicar termoplástico bajo condiciones de lluvia ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a doce grados Celsius (12 °C) o la temperatura del pavimento sea inferior a nueve grados Celsius (9 °C).

La temperatura de calentamiento del termoplástico y el número de recalentamientos tienen topes máximos, los cuales deben estar de acuerdo con las especificaciones definidas por el fabricante.

Cuando el termoplástico se aplique sobre concreto hidráulico o pavimento asfáltico, con agregados expuestos, se recomienda aplicar un adhesivo (cuando se requiera esta aplicación, el fabricante debe definir su uso) para mejorar el enlace de unión entre el pavimento y el termoplástico.

No debe aplicarse termoplástico cuando exista humedad en el pavimento. Para determinar la presencia de humedad, se coloca sobre la superficie del pavimento una película de cuatrocientos centímetros cuadrados (400 cm^2) de plástico resistente a temperatura; posteriormente, se debe fundir el termoplástico sobre esta y luego examinar la presencia de agua condensada sobre el material o la superficie del pavimento. De detectarse la presencia de agua condensada, no se debe aplicar el material.

700.4.7 Apertura al tránsito

Las superficies demarcadas deben ser protegidas de la acción de cualquier tipo de tránsito hasta el instante en que el recubrimiento se encuentre perfectamente seco. Dicho instante debe ser definido por el interventor.

700.4.8 Manejo ambiental

Adicional a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para la aplicación de pintura en líneas de demarcación y marcas viales, se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación, deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades se deben incluir en los costos del proyecto; por tanto, no son objeto de reconocimiento directo en el contrato.

700.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

700.5.1 Controles

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

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo utilizado por el constructor.
- Revisar 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.
- Corroborar que los materiales se apliquen uniformemente y en los sitios previstos.
- Supervisar la adhesión, el acabado y la reflectividad de la pintura colocada.
- Examinar como mínimo: (i) el alineamiento de las marcas viales cada dos kilómetros (2 km); (ii) el ancho de la línea cada quinientos metros (500 m), (iii) la separación entre líneas cada cinco kilómetros (5 km) (iv) la variación del espaciamiento de las líneas con o sin demarcación cada cinco kilómetros (5 km), (v) el inicio y la finalización de zonas con o sin distancia de visibilidad para realizar la maniobra de adelantamiento y (vi) el ancho de carriles cada cinco kilómetros (5 km); o en los sitios que lo considere pertinente el interventor.
- Inspeccionar 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 debe 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 vigente del Ministerio de Transporte.
- Realizar la medición del espesor de película húmeda real, sin microesfera y el espesor de película seca y verificar su cumplimiento respecto de lo establecido en la NTC 4744-4.
- Verificar la homogeneidad y retrorreflectividad según lo definido en la NTC 4744-4.

El interventor debe exigir al constructor, el certificado de conformidad expedido por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC), o por un organismo de certificación de productos del país de origen, debidamente acreditado para certificar dichos materiales, aportado por las compañías fabricantes o lo que establezca la Superintendencia de Industria y Comercio en materia de evaluación de la conformidad.

El interventor debe medir 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 deben ser razonablemente uniformes y libres de irregularidades. La uniformidad se debe determinar tomando muestras sobre láminas galvanizadas rectangulares de calibre nro. 16 de diez centímetros (10 cm) por quince centímetros (15 cm), las cuales se colocan cada quinientos metros (500 m). Cuando se hace la toma de la muestra, se debe interrumpir la pistola de aplicación de microesfera. Inmediatamente, estando húmeda la pintura, con una galga (micrómetro para medir espesores húmedos de pintura) se debe medir el espesor aplicado.

Las cantidades de pintura y de microesferas aplicadas deben determinarse tomando muestras sobre láminas galvanizadas rectan-

gulares de calibre nro. 16 de quince centímetros (15 cm) por veinticinco centímetros (25 cm), las cuales se deben colocar cada cinco mil metros (5 000 m).

La muestra de pintura con microesferas, seca, se debe colocar dentro de un disolvente que deshaga la pintura. Al tamizar el material disuelto en el tamiz de 0,075 mm (nro. 200), deben quedar atrapadas las microesferas aplicadas. Conociendo la masa de la lámina galvanizada, la masa total de esta con pintura y microesferas, la densidad, el contenido de sólidos y el área de pintura en la lámina, se debe determinar la cantidad real de pintura y de microesferas aplicadas en las líneas o marcas viales.

La toma de la muestra se debe realizar cuando el vehículo esté aplicando pintura y microesferas de vidrio a la vez. En seguida, se debe tomar una muestra de cero coma cinco litros (0,5 L) de la pintura que está saliendo por la pistola. De la muestra de pintura líquida se debe determinar 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 deben determinar tomando muestras sobre láminas galvanizadas rectangulares de calibre nro. 16 de quince centímetros (15 cm) por veinticinco centímetros (25 cm), las cuales se deben colocar cada cinco mil metros (5 000 m).

También, se deben atender los demás requisitos establecidos en este artículo y los especificados en la 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 vigente del Ministerio de Transporte, deben tener un ancho mínimo de doce centímetros (12 cm).
- Las demás marcas deben tener las dimensiones y separaciones que se indiquen en los planos del proyecto, las cuales deben estar de acuerdo con lo que indique el Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de Transporte.
- El espesor mínimo de película seca de pintura debe ser de: nueve mils (9 mils) para pintura líquida alquídica y pintura líquida acrílica base solvente o base agua, doce mils (12 mils) para pintura líquida acrílica base agua alto espesor, noventa mils (90 mils) para termoplástico por extrusión con superficie plana, sesenta mils (60 mils) para termoplástico por pulverización, veintidós mils (22 mils) para plástico en frio por pulverización y cuarenta mils (40 mils) para plástico de aplicación en frío (extruible) con superficie plana.
- Las longitudes de segmentos y espacios tienen una relación de longitudes de tres a cinco (3 a 5). Son de cuatro coma cinco metros (4,5 m) y siete coma cinco metros (7,5 m), respectivamente, para velocidades mayores a sesenta kilómetros por hora (60 km/h) y de tres metros (3 m) y cinco metros (5 m), respectivamente, para velocidades menores o iguales a sesenta kilómetros por hora (60 km/h); para ciclovías la relación entre las longitudes de segmentos y espacios debe ser de uno a dos (1 a 2), el largo del segmento será de un metro (1 m) y el largo de la brecha o espacio de dos metros (2 m).

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

- La desviación máxima permitida (flecha), en cualquier tramo en línea recta, debe ser de cinco centímetros (5 cm) en una distancia de cincuenta metros (50 m).
- Se deben atender las demás disposiciones del Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de Transporte y las de la NTC 4744-4.
- El plan de calidad y el plan de inspección, medición y ensayo son de obligatorio cumplimiento tal como se encuentra expresado en el numeral 103.2 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor.

700.5.2.3 Retrorreflectividad

A las líneas y marcas con pintura o termoplástico, una vez aplicadas, se les debe medir la retrorreflectividad y se deben 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, en relación directa con lo establecido en la NTC 4744-3.

Nota: Los valores de retrorreflexión en seco, húmedo y lluvia, al igual que los métodos de ensayo, deben cumplir con los requisitos mínimos establecidos en la norma UNE-EN 1436.

Estos valores son aplicables para vías con tránsito promedio diario menor o igual a tres mil (TPD ≤ 3 000) 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 deben ser los indicados en los documentos del proyecto.

Se debe garantizar la retrorreflectividad a largo plazo o luego de seis (6) meses para la pintura o termoplástico. Al efecto, se deben obtener valores precisados en la NTC 4744-3.

La toma de datos se debe realizar por cada kilómetro de obra ejecutada en tres (3) sitios y por cada línea. Un dato obtenido debe ser el promedio de tres (3) medidas realizadas en la misma línea dentro de una distancia de tres metros (3 m); las medidas individuales deben estar dentro del diez por ciento (10 %) del promedio de las mismas o, de lo contrario, se deben tomar dos (2) o más lecturas adicionales para promediarlas y verificar si el promedio está o no dentro de los rangos especificados.

Debe tener en cuenta que todas las medidas se deben tomar sobre superficies limpias y secas y de acuerdo con las recomendaciones del fabricante del equipo con que se realizan las mediciones, el cual debe suministrar los datos directamente en las unidades anotadas anteriormente.

En caso de que se obtengan valores por debajo del mínimo especificado, se deben hacer mediciones cada doscientos metros (200 m) para identificar la zona no conforme, y así el constructor asuma las acciones correctivas que corren a sus expensas.

En las normas NTC 5867, Materiales para de marcación de pavimentos termoplástico retrorreflectiva blanco y amarillo (forma solida) y la NTC 5868, Materiales para de marcación de pavimentos, laminado elastoplástico (cintas preformadas) para señalización. Requisitos y Métodos de Ensayo, se especifican las características y requisitos de estos materiales para la demarcación de pavimentos.

Todas las deficiencias que excedan las tolerancias mencionadas deben ser corregidas por el constructor bajo su propia cuenta y riesgo, previa aprobación del interventor.

700.5.2.4 Resistencia al deslizamiento

Para marcas viales, el valor de resistencia al deslizamiento, expresado en unidades SRT, debe ser mayor o igual a cuarenta y cinco (≥ 45), conforme al método de ensayo especificado en las normas INV E-792 y NTC 5129.

700.6 Medida

700.6.1 Líneas de demarcación

La unidad de medida de las líneas de demarcación debe ser el metro (m) aproximado al decímetro (dm), de línea de demarcación continua o discontinua efectivamente aplicada sobre la superficie, de acuerdo con los planos del proyecto y esta especificación, aprobadas por el interventor. El resultado de la medida se debe 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 debe ser 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 debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se debe medir 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 debe hacer al respectivo precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado de acuerdo con esta especificación y aprobada por el interventor.

El precio unitario debe 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 aplica el material de demarcación utilizado, incluyendo el imprimante si fuera necesario; la señalización preventiva de la vía y el control del tránsito durante la ejecución de los trabajos y el lapso posterior que fijen el interventor para la apertura al tránsito y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del trabajo especificado.

El precio unitario debe cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del constructor.

700.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
700.1	Línea de demarcación con pintura en frío	Metro (m)
700.2	Línea de demarcación con resina termoplástica	Metro (m)
700.3	Marca vial con pintura en frío	Metro cuadrado (m^2)
700.4	Marca vial con resina termoplástica	Metro cuadrado (m^2)

ITEM 5,8 - SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SEÑALES VERTICALES DE TRÁNSITO CON TABLERO TIPO I (ARTICULO 710 DEL INVIAS) (Especificación INVIAS ART.710)

Señales verticales de tránsito

Artículo 710 – 22

710.1 Descripción

Este trabajo radica en el suministro, almacenamiento, transporte e instalación de señales verticales de tránsito, para reglamentar, prevenir e informar a los usuarios, de acuerdo con los planos y demás documentos del proyecto y las instrucciones del interventor.

El diseño de las señales verticales, los mensajes y los colores, deben estar en concordancia con el Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de Transporte y demás normas que lo complementen o sustituyan.

El diseño de la señales verticales y señalización especial para túneles debe estar en concordancia con el Manual para el Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento de Túneles de Carretera para Colombia vigente 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 E808.

El material retrorreflectivo para las señales verticales de tránsito y delineadores que cubre este artículo, debe cumplir las especificaciones contenidas en la NTC 4739. El tipo de material retrorreflectivo de cada señal debe ser el indicado en los documentos del contrato, en función del grado de retrorreflectividad, color y durabilidad requeridos en cada caso; debe cumplir con los requisitos de visibilidad y retrorreflexión definidos en el Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de Transporte. Para vías nacionales no se recomienda el uso de láminas retrorreflectivas tipo I y tipo II.

El constructor debe presentar las certificaciones de cumplimiento de dicha norma, expedidas por el proveedor del material, para la aprobación de la interventoría.

710.2.2 Material para tableros

Los tableros, para todas las señales, deben estar construidos en materiales que garanticen resistencia a cargas de viento e impacto, durabilidad, resistencia a la oxidación y que, adicionalmente, no representen un peligro grave al ser impactados por un vehículo. Se pueden usar láminas de acero galvanizado, aluminio, poliéster reforzado con fibra de vidrio modificada con acrílico y estabilizador ultravioleta u otro material.

Para determinar el tipo de material a utilizar, se deben tener en cuenta las condiciones atmosféricas y ambientales de la zona donde deben

instalar las señales para lo cual, se recomienda tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- En lámina de poliéster reforzado con fibra de vidrio o aluminio, para vías en zonas aledañas a áreas marinas o zonas que por sus condiciones ambientales sean propensas a generar problemas acentuados de oxidación de los materiales.
- En lámina de poliéster reforzado con fibra de vidrio, galvanizada o aluminio, para los otros casos no contemplados en el párrafo anterior.

710.2.2.1 Lámina de poliéster reforzado con fibra de vidrio

El material debe cumplir los siguientes requisitos:

710.2.2.1.1 Espesor

Debe ser de tres coma cuatro milímetros más o menos cero coma cuatro milímetros (3,4 mm ± 0,4 mm), el cual se debe verificar como el promedio de las medidas en cuatro (4) sitios del borde de cada lámina, con una separación entre ellos igual a la cuarta parte del perímetro de esta. La lámina no debe 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 debe 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 debe ser mayor de doce milímetros (12 mm).

Luego, la lámina se debe colocar, suspendida en las mismas condiciones, en un horno a ochenta y dos grados Celsius (82 °C) durante cuarenta y ocho horas (48 h); 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 debe ser mayor de doce milímetros (12 mm). Todas las medidas se deben tomar cuando la lámina se encuentre a temperatura ambiente.

710.2.2.1.4 Resistencia al impacto

Una lámina cuadrada de setenta y cinco centímetros (75 cm) de lado, debe resistir fuerzas de impacto que podrían agrietar otros plásticos o deformar metales. La lámina apoyada en sus extremos y a una altura de veinte centímetros (20 cm) del piso, debe resistir el impacto de una esfera de acero de cuatro mil quinientos gramos (4 500 g) en caída libre desde una altura de tres coma cinco metros (3,5 m), sin resquebrajarse.

710.2.2.1.5 Estabilidad térmica

Las características de resistencia no deben 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 deben contener aditivos que la hagan menos propensa a iniciar y propagar llamas.

710.2.2.1.7 Protección ante la intemperie

Las láminas deben estar fabricadas con protección ante la intemperie por ambas caras; poseer una superficie uniforme químicamente pegada, recubrimiento gelatinoso (Gel-Coat) que no se pueda separar. Para comprobarlo, se sumerge una muestra de diez centímetros (10 cm) por dos centímetros (2 cm) en una probeta que contenga cloruro de metileno, durante trece minutos (13 min), después de lo cual se seca, no debiendo aparecer fibra de vidrio por ninguna de las dos (2) caras.

710.2.2.1.8 Estabilización

Las láminas deben estar fabricadas de manera que no liberen constituyentes emigrantes (solventes, monómeros, etc.) con el tiempo; tampoco deben contener residuos de agentes desmoldeantes en la superficie del laminado que puedan 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 debe limpiarse, desengrasarse y secarse de toda humedad.

710.2.2.2 Lámina de acero galvanizado

El material debe cumplir los siguientes requisitos:

710.2.2.2.1 Material

La lámina debe ser de acero laminado en frío y revestida por ambas caras con una capa de zinc, aplicada por inmersión en caliente o por electrólisis, según las normas NTC 3940 y NTC 4011; después del galvanizado, se debe preparar la pintura según la NTC 6146 (ASTM D6386).

710.2.2.2.2 Espesor

La lámina de acero debe tener un espesor de uno coma cinco milímetros, con una tolerancia de más o menos cero coma quince milímetros (1,5 mm ± 0,15 mm). La medida puede efectuarse 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 doblez

Una probeta cuadrada de cinco centímetros (5 cm) de lado, no sometida a tratamientos térmicos previos, no debe presentar desprendimiento de zinc cuando se dobla girando ciento ochenta grados Celsius (180 °C), 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 debe ser limpiada y desengrasada; además, debe estar libre de óxido blanco. El galvanizado debe 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 debe limpiarse y desengrasarse, aplicando seguidamente una pintura base (wash primer o epoxipoliamida), para colocar finalmente una capa de esmalte sintético blanco.

710.2.2.3 Lámina de aluminio

El material debe cumplir los siguientes requisitos:

710.2.2.3.1 Material

La lámina de aluminio debe ser de aleaciones 6061-T6, 5052-H38, NTC 1685 (ASTM B209) o extrusiones similares.

710.2.2.3.2 Espesor

El espesor debe ser de dos milímetros, medidos con una tolerancia de más o menos cero coma dos milímetros (2 mm ± 0,2 mm). La medida se puede 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 debe estar limpia, desengrasada y seca de toda humedad; igualmente, debe estar libre de óxido blanco. El aluminio debe 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 debe limpiar y desengrasar, aplicando seguidamente una pintura base (wash primer o epoxipoliamida), para colocar finalmente una capa de esmalte sintético blanco.

710.2.2.4 Consideraciones adicionales

Cuando se use este material para señales verticales de destino, de información en ruta y señales elevadas, se deben elaborar en lámina calibre veinte (20) como mínimo. A los tableros de las señales elevadas, se les puede hacer dos (2) dobleces o pestañas de dos centímetros (2 cm) cada una, en sus cuatro (4) bordes, con el objeto de darle mayor rigidez. Los tableros deben ser montados sobre una estructura que garantice su estabilidad y rigidez, la cual debe ser fijada al sistema de soporte.

710.2.3 Material para postes y brazos de los postes

Se pueden utilizar distintos materiales y sistemas de soporte, siempre y cuando estos cuenten con el sustento técnico y/o ensayos de laboratorio certificados que demuestren que los mismos cumplen las condiciones descritas anteriormente o sistemas abatibles o quebradizos que no generen superficies cortantes o punzantes. Para los anteriores casos se debe contar con la previa autorización mediante resolución motivada emitida por el Ministerio de Transporte. En caso contrario se deben utilizar sistemas de soporte constituidos por poste monolítico y brazos, elaborados en perfil en ángulo de hierro de dos

(2) pulgadas por dos (2) pulgadas por un cuarto (1/4) de pulgada, de espesor para el elemento vertical y un octavo (1/8) de pulgada de espesor para los elementos horizontales, con límite de fluencia mínimo de veinticinco kilogramos por milímetro cuadrado (25 kg/mm^2) en todos los tipos de señales, el cual debe ser de primera clase, no se debe permitir hormigueo en ninguna parte de su longitud. También pueden ser fabricados en tubo galvanizado redondo o cuadrado, de dos (2) pulgadas y dos milímetros (2 mm) de espesor; en este caso, todos los extremos expuestos deben estar sellados con su respectiva tapa metálica soldada en todo su perímetro para evitar la penetración de agua.

El perfil debe ser de primera clase, sin hormigueos en ninguna parte de su longitud; no se deben aceptar añadiduras ni traslapos en postes y brazos. El galvanizado se debe aplicar por inmersión en caliente, según las normas NTC 2076 (ASTM A153) y NTC 4011 (ASTM A653).

Se debe garantizar la rigidez de las láminas de los tableros correspondientes a las señales preventivas (SP), reglamentarias (SR), informativas de identificación, de información general, de servicios y turísticas (SI) y los delineadores, fijándolas a una cruceta formada entre el poste y sus brazos, los cuales deben formar un perfecto plano de apoyo para el tablero, el cual debe aislarse con materiales que eliminen el efecto rocío en la señal cuando esta en contacto con la lámina del tablero, en los casos que éstos se construyan con materiales que produzcan dicho efecto.

La soldadura del brazo debe ser con piquete o suplemento. En señales dobles, la rigidez se debe garantizar con dos (2) crucetas del mismo tipo citado anteriormente, debidamente soldadas.

Se deben adoptar medidas que dificulten el robo u otras acciones vandálicas que alteren la correcta posición de las señales. Entre otros se puede fijar el tablero de la señal con remaches, usar pernos con tuerca antivandálicas o doblar los pernos, aplicar soldadura o epóxico a los pernos para dificultar el robo de las señales. Además, los postes deben ser anclados en hormigón de suficiente resistencia para evitar el robo del sistema total. El sistema de soporte debe ser de color blanco y, su material, inoxidable o debe ser tratado con materiales anticorrosivos.

Todo elemento de fijación debe ser de un material inoxidable y que no manche el material de la señal.

En condiciones especiales, en donde no exista la distancia longitudinal suficiente que permita colocar dos (2) señales verticales individuales separadas, se pueden adosar hasta dos (2) tableros de señales verticales en un solo soporte; en tal caso, los dos (2) tableros deben ser del mismo tamaño sesenta, setenta y cinco, noventa o ciento veinte centímetros (60 cm, 75 cm, 90 cm o 120 cm). Cuando se instale una señal preventiva y una reglamentaria para una misma situación, la señal preventiva se debe adosar en la parte superior del soporte.

El sistema de soporte de las señales elevadas debe diseñarse estructuralmente de tal forma que se garantice su estabilidad ante todas las cargas a las que pueda estar sometida la estructura y acorde con el tamaño de los tableros. También, se debe garantizar la posición correcta de los tableros y, adicional-

mente, que la estructura no represente un peligro grave al ser impactada por un vehículo. Estos elementos se deben diseñar acorde con las siguientes normas: AISC-360, AISC-303 y el *Steel Construction Manual* (AISC), involucrando las cargas y condiciones de impacto estipuladas por MASH-2 de la AASHTO.

710.2.4 Material para anclaje a la fundación

Los postes se deben diseñar con un anclaje en la parte inferior, soldado en forma de T, con ángulo de acero galvanizado de veinticinco milímetros (25 mm) por veinticinco milímetros (25 mm) por tres coma dieciocho milímetros (3,18 mm), con límite de fluencia mínimo de doscientos cincuenta megapasacales (250 MPa). En los casos donde así lo indique el diseño, se debe realizar el anclaje a la fundación conforme con lo indicado en los planos de diseño aprobados para el proyecto.

El galvanizado se debe aplicar por inmersión en caliente, según las normas NTC 2076 (ASTM A153) y NTC 4011 (ASTM A653).

710.2.5 Recubrimiento de los postes

Los postes, crucetas y anclajes galvanizados deben ser recubiertos con esmalte blanco.

710.2.6 Soldadura

Todos los procedimientos de soldadura se deben llevar a cabo por soldadores con calificación vigente en observancia de la norma AWS y siguiendo las especificaciones del artículo 650, Estructuras de acero. La soldadura se debe aplicar antes del galvanizado.

710.2.7 Dimensiones de los tableros

Se deben atender las disposiciones sobre las dimensiones de tableros mencionadas en el Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de Transporte.

710.2.8 Dimensiones de los postes

Se deben atender todas las disposiciones sobre las dimensiones de los postes indicadas en el Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de Transporte.

710.2.9 Material para el anclaje

Las señales se deben instalar en el piso en un anclaje de concreto simple cuya resistencia a la compresión a veintiocho días (28 d) sea, como mínimo, diecisiete megapascales (17 MPa) siguiendo las especificaciones del artículo 630, Concreto estructural.

Dentro del anclaje se debe aceptar 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 debe disponer de los equipos necesarios para la correcta ejecución de los trabajos, incluyendo:

- 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 deben instalar en los sitios que indiquen los planos del proyecto aprobados por el interventor, de conformidad con el Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de Transporte.

Se debe tener presente que todas las medidas deben ser realizadas por una comisión de topografía.

710.4.2 Excavación

El constructor debe efectuar 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 solo se debe realizar en una profundidad de treinta centímetros (30 cm) pero el constructor debe, 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 debe realizar rellenando la excavación con un concreto que presente las características indicadas en el numeral 710.2.9. También, se debe aceptar la inclusión de las capas de cantos a que hace referencia el mismo numeral.

710.4.4 Instalación de la señal

El constructor debe instalar 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 debe fijar al poste mediante tornillos de dimensiones mínimas de ocho milímetros (8 mm) (5/16 de pulgada) por una (1) pulgada, rosca ordinaria, arandelas y tuercas, todo galvanizado por proceso de inmersión en caliente, a los cuales se les da golpes para dañar su rosca y evitar que puedan ser retirados fácilmente. Además, se deben instalar cuatro (4) remaches a diez centímetros (10 cm) de distancia, medidos desde los tornillos hacia el centro de la cruceta. También se pueden utilizar otros sistemas de aseguramiento que impidan el retiro del tornillo o elemento de fijación.

710.4.5 Consideraciones adicionales

Adicionalmente, se deben atender todas las disposiciones contenidas en el Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de Transporte y demás normas que lo complementen o sustituyan.

710.4.6 Plan de Manejo de Tránsito (PMT)

El constructor debe contar con un PMT e instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de Transporte, los cuales deben garantizar la seguridad permanente tanto del personal y de

los equipos de construcción, como de los usuarios y transeúntes, durante las veinticuatro horas (24 h) del día.

Para actividades que no impliquen el cierre total de la vía, el interventor debe dar su visto bueno previo a la presentación de un PMT. Para casos que impliquen el cerramiento total de la vía, se deben tramitar los permisos correspondientes ante la autoridad competente y se debe presentar el PMT aprobado por el interventor.

710.4.7 Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir la instalación de señales de tránsito en instantes de lluvia, ni cuando haya agua retenida en la excavación o el fondo de esta se encuentre muy húmedo, por instrucciones del interventor.

Toda el agua retenida debe ser removida antes de efectuar el anclaje e instalar la señal.

710.4.8 Manejo ambiental

Adicional a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para la instalación de señales verticales de tránsito, deben realizarse teniendo en cuenta lo establecido en las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación, deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades se deben incluir en los costos del proyecto; por tanto, no son objeto de reconocimiento directo en el contrato.

710.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

710.5.1 Controles

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

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo 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/m^2, indicadas en la NTC 4739. La calibración de los equipos retrorreflectómetro se debe realizar mediante una placa calibradora vigente y en buen estado, generada por un laboratorio acreditado, de acuerdo con lo señalado en la norma ASTM E1709.
- Corroborar la correcta instalación de las señales, de acuerdo con este artículo.
- El plan de calidad y el plan de inspección, medición y ensayo son de obligatorio cumplimiento tal como se encuentra expresado en el numeral 103.2 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor.

La interventoría debe exigir al constructor, el certificado de conformidad expedido por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC), o por un organismo de certificación de productos del país de origen, debidamente acreditado para certificar dichos materiales, aportado por las compañías fabricantes o lo que establezca la Superinten-

dencia de Industria y Comercio en materia de evaluación de la conformidad. El certificado debe indicar que el producto se ha ensayado según los métodos de prueba definidos en la NTC 4739.

El interventor debe contar y medir, 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 deben admitir 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 puede 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 debe hacer una inspección en horas nocturnas, con la ayuda de una linterna apoyada en la frente, con la cual se debe iluminar la señal percibiendo su calidad y detectando zonas que no reflectan.

710.5.2.4 Instalación

Las señales verticales de tránsito únicamente se deben aceptar 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 deben ser subsanadas por el constructor bajo su propia cuenta y riesgo, y aprobadas por el interventor.

710.6 Medida

Las señales verticales de tránsito se deben medir por unidad (u), suministrada e instalada de acuerdo con los documentos del proyecto y este artículo, aprobada por el interventor.

Las señales de tránsito que hayan sido contratadas por metro cuadrado (m^2), se deben pagar según 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, aprobadas por el interventor. El resultado de la medida se debe 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 debe realizar al respectivo precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado de acuerdo con esta especificación y aprobado por el interventor.

El precio unitario debe cubrir los costos de todos los materiales que conforman la señal, su fabricación, desperdicios, almacenamiento, transporte e 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 formaletas que

eventualmente se requieren para el anclaje, así como todo costo adicional necesario para el correcto cumplimiento de esta especificación.

El precio unitario debe incluir también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del constructor.

710.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
710.1	Señal vertical de tránsito tipo (SP, SI, SR u otros dispositivos para regulación del tránsito), dimensiones (60, 75, 90 o 120), con lámina retrorreflectiva tipo	Unidad (u)
710.2	Señal vertical de tránsito tipo (SP, SI, SR u otros dispositivos para regulación del tránsito), con lámina retrorreflectiva tipo	Metro cuadrado (m^2)

Nota: se debe elaborar un ítem para cada tipo de señal y de lámina retrorreflectiva incluido en el contrato.

6. CONCLUSIONES

- El presente informe técnico consolida las especificaciones técnicas generales y particulares, así como los procesos constructivos requeridos para la correcta ejecución del proyecto de pavimento rígido en el área urbana del municipio de El Carmen de Bolívar, garantizando el cumplimiento de las normas técnicas vigentes y la funcionalidad de la infraestructura proyectada.
- Las actividades contempladas en este proyecto se ajustan, en su mayoría, a lo establecido en el Manual de Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS – Edición 2022, el cual será la base normativa para el control de calidad, la ejecución técnica y la forma de medición y pago de los ítems correspondientes.
- Para aquellas actividades no contempladas explícitamente en las especificaciones INVIAS, se han definido especificaciones técnicas particulares, elaboradas con base en normas sectoriales como el RETIE, RAS 2000, NTC vigentes, manuales del Ministerio de Transporte y criterios técnicos adoptados por la Oficina Asesora de Planeación Municipal. Estas actividades son necesarias para garantizar la integralidad del proyecto y su articulación con el entorno urbano.
- El cumplimiento riguroso de las especificaciones y procesos descritos será fundamental para alcanzar la calidad estructural y funcional del pavimento rígido, prolongar su vida útil, reducir costos de mantenimiento y garantizar condiciones adecuadas de circulación vehicular y peatonal en el entorno urbano.

ALEXANDER DEULOUFEUT CANTILLO
Secretario de Infraestructura municipal
Municipio de El Carmen de Bolívar