ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO

“MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE PUENTES VEHICULARES EN LOS MUNICIPIOS DE RIONEGRO Y CISNEROS DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA”

PUENTE LA CRISTALINA, CISNEROS

OCTUBRE 2025

1. INTRODUCCIÓN

Este documento contiene las especificaciones técnicas de construcción para el **"MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE PUENTES VEHICULARES EN LOS MUNICIPIOS DE RIONEGRO Y CISNEROS DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA"** las cuales son necesarias para garantizar el desarrollo del proyecto y el adecuado manejo y control ambiental durante el proceso constructivo, se presentan las recomendaciones y guías ambientales relacionadas con la construcción de obras viales.

2. GENERALIDADES

2.1. ESPECIFICACIONES NORMALIZADAS

En los casos no estipulados expresamente en estas especificaciones, se aplicarán como normativas las prescripciones de los códigos y recomendaciones de las entidades siguientes que contemplarán aspectos técnicos y ambientales:

- Cartilla de Obras de Drenaje y Protección para carreteras de la Secretaría de Infraestructura de la Gobernación de Antioquia.
- Normatividad ambiental, la cual se encuentra descrita en el capítulo "Manejo socio-ambiental" en el pliego de condiciones.
- Manual de Supervisión e Interventoría de la Gobernación de Antioquia.
- Especificaciones técnicas de construcción de carreteras INVIAS-22

A continuación, se describirán las especificaciones técnicas de los ítems considerados en el presupuesto, como se numeraron en el presupuesto oficial realizado.

3. ESPECIFICACIONES PARTICULARES

En los numerales que a continuación se describen se hará la mención del numeral correspondiente a la norma del INVIAS que aplica y se señalará la modificación respectiva. Para los ítems diferentes a los correspondientes a la Norma INVIAS, se describe la actividad y se anexan las Especificaciones Particulares.

ITEM 1.1 Localización, trazado y replanteo con equipos de precisión. Incluye vehículo para el transporte de personal y equipo con dedicación exclusiva.

Para esta actividad rige lo estipulado en la especificación técnica Particular ítem 1.1.

ITEM DE PAGO:

1.1 Localización, trazado y replanteo con equipos de precisión. Incluye vehículo para el transporte de personal y equipo con dedicación exclusiva. (día)

ITEM 2.1 Demolición de pavimento rígido, de espesor menor a 20 cm y cualquier resistencia. Incluye corte con cortadora según trazado, retiro de entresuelo adherido, de acero de refuerzo, de cordones y el cargue, transporte y disposición final de escombros con su respectivo derecho de botadero. Se debe realizar recuperación de los materiales aprovechables o su transporte hasta el sitio que indique la interventoría.

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 201-22 (Demolición y remoción) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carretera 2022 del INVIAS.

La actividad consiste en la demolición de pavimento rígido, de espesor menor a 20 cm y cualquier resistencia, la actividad incluye corte con cortadora según trazado, retiro de entresuelo adherido, de acero de refuerzo, de cordones y el cargue, transporte y disposición final de escombros con su respectivo derecho de botadero. Se debe realizar recuperación de los materiales aprovechables o su transporte hasta el sitio que indique la interventoría.

FORMA DE PAGO:

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato por toda obra ejecutada, de acuerdo con los planos y esta especificación, y aceptada a satisfacción por el Interventor. El precio unitario deberá incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

MEDIDA:

La unidad de medida de la demolición será por metro cúbico (m3), aproximado al entero de demolición de pisos, andenes, cunetas y bordillos de concreto. En este caso, la medida de la estructura se efectuará antes de destruirla.

ITEM DE PAGO:

2.1 Demolición de pavimento rígido, de espesor menor a 20 cm y cualquier resistencia. Incluye corte con cortadora según trazado, retiro de entresuelo adherido, de acero de refuerzo, de cordones y el cargue, transporte y disposición final de escombros con su respectivo derecho de botadero. Se debe realizar recuperación de los materiales aprovechables o su transporte hasta el sitio que indique la interventoría. (m3)

ITEM 4.1.1 Excavación en material común de la explanación, canales y préstamos. Incluye cargue y disposición final del material sobrante. No incluye transporte.

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 210-22 (Excavación de la explanación, canales y préstamos) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carretera 2022 del INVIAS.

Esta actividad comprende la excavación en material común de la explanación, canales y préstamos, la actividad incluye cargue y disposición final del material sobrante, no incluye transporte.

MEDIDA:

La unidad de medida debe ser el metro cúbico (m3), 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. 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 consultor antes y después de la ejecución del proyecto.

ITEM DE PAGO:

4.1.1 Excavación en material común de la explanación, canales y préstamos. Incluye cargue y disposición final del material sobrante. No incluye transporte. (m3)

ITEM 4.1.95 Descapote a máquina del terreno natural hasta 30 cm. Incluye transporte y disposición final de los materiales.

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 201-22 (Demolición y remoción) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carretera 2022 del INVIAS.

Se modifica en cuanto a la descripción de la actividad:

La actividad consiste en el descapote a máquina del terreno natural hasta 30 cm. Incluye transporte y disposición final de los materiales provenientes de la actividad.

MEDIDA:

La unidad de medida de la demolición será por metro cuadrado (m2), aproximado al entero de demolición de pisos, andenes, cunetas y bordillos de concreto. En este caso, la medida de la estructura se efectuará antes de destruirla.

ITEM DE PAGO:

4.1.95 Descapote a máquina del terreno natural hasta 30 cm. Incluye transporte y disposición final de los materiales. (m2)

ITEM 4.1.73 Excavación en material común bajo agua para pilas 0-5 m, diámetro interno 1.5 m, Incluye anillo en concreto reforzado e=10, 17.5 Mpa (Diámetro total de excavación 1.7 m). Incluye transporte y disposición final de los materiales. Se medirá en su posición original.

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 600-22 (Excavaciones varias) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carretera 2022 del INVIAS.

Se modifica en cuanto a la descripción en las generalidades:

Este trabajo comprende la excavación en material común (en cualquier condición de humedad) para la construcción de pilas de una obra, conforme a las especificaciones del diseño. El trabajo se realizará en un rango de profundidad de 0 a 5 metros, con un diámetro interno de 1.5 m y un diámetro total de excavación de 1.7 m, el cual incluye la excavación de la sección donde se colocará el anillo de concreto, el anillo de concreto tendrá un espesor de 10 cm y será de concreto con resistencia de 17.5 MPa.

Incluye:

- Excavación del material común para las pilas, considerando las condiciones de humedad en el terreno.

- Cargue y transporte del material excavado a su disposición final en un botadero autorizado.

- Disposición final del material excavado.

FORMA DE PAGO:

El trabajo de excavaciones en material común en cualquier condición de humedad para pilas 0-5 m, se pagará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con el proyecto, la presente especificación y las instrucciones del Interventor, para la excavación para estructuras varias en material común seco, ejecutada satisfactoriamente y aceptada por éste.

El precio unitario incluye:

Excavación en material común, con cualquier condición de humedad, cargue y transporte del material excavado.

Disposición final del material, derecho de botadero.

Construcción del anillo de concreto con las especificaciones de espesor de 10 cm y resistencia de 17.5 MPa.

Mano de obra, equipos, herramienta menor necesaria.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de excavación en material común en cualquier condición de humedad para pilas 0-5 m, diámetro interno 1.5 m, Incluye anillo en concreto e=10cm 17.5 Mpa. (Diámetro total de excavación 1.7 m), remoción, cargue, transporte y descargue de todos los materiales excavados en las zonas de utilización o desecho, así como su correcta disposición en estas últimas. También, deberá cubrir los costos de todas las obras provisionales y complementarias, tales como la construcción de accesos, desvíos de corrientes de agua, construcción de cauces provisionales, trabajos de conservación de cauces; ataguías, y desagües; y los equipos, bombeos, transportes, mano de obra, limpieza final de la zona de construcción y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados De los volúmenes de excavación se descontarán, para fines de pago, aquellos que se empleen en la construcción de rellenos para estructuras, mampostería, muros de contención de suelo reforzado con geotextil, concretos, filtros, subbases, bases y capas de rodadura. En el caso de que los trabajos afecten una vía en la cual exista tránsito automotor, el precio unitario deberá incluir, además, los costos de señalización preventiva de la vía y el control del tránsito durante la ejecución de los trabajos. El precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

MEDIDA:

La unidad de medida de las excavaciones en material común será el metro lineal (m), de material excavado en su posición original, determinado dentro y hasta las líneas de pago indicadas en los planos y en esta especificación o autorizadas por el Interventor.

ITEM DE PAGO:

4.1.73 Excavación en material común bajo agua para pilas 0-5 m, diámetro interno 1.5 m, Incluye anillo en concreto reforzado e=10, 17.5 Mpa (Diámetro total de excavación 1.7 m). Incluye transporte y disposición final de los materiales. Se medirá en su posición original. (m)

ITEM 4.1.75 Excavación en material común bajo agua para pilas 5-10 m, diámetro interno 1.5 m, Incluye anillo en concreto reforzado e=10, 21 mpa (Diámetro total de excavación 1.7 m). Incluye transporte y disposición final de los materiales. Se medirá en su posición original.

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 600-22 (Excavaciones varias) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carretera 2022 del INVIAS.

Se modifica en cuanto a la descripción en las generalidades:

Este trabajo comprende la excavación en material común (en cualquier condición de humedad) para la construcción de pilas de una obra, conforme a las especificaciones del diseño. El trabajo se realizará en un rango de profundidad de 5 a 10 metros, con un diámetro interno de 1.5 m y un diámetro total de excavación de 1.7 m, el cual incluye la excavación de la sección donde se colocará el anillo de concreto, el anillo de concreto tendrá un espesor de 10 cm y será de concreto con resistencia de 17.5 MPa.

Incluye:

- Excavación del material común para las pilas, considerando las condiciones de humedad en el terreno.

- Cargue y transporte del material excavado a su disposición final en un botadero autorizado.

- Disposición final del material excavado.

FORMA DE PAGO:

El trabajo de excavaciones en material común en cualquier condición de humedad para pilas 5-10 m, se pagará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con el proyecto, la presente especificación y las instrucciones del Interventor, para la excavación para estructuras varias en material común seco, ejecutada satisfactoriamente y aceptada por éste.

El precio unitario incluye:

Excavación en material común, con cualquier condición de humedad, cargue y transporte del material excavado.

Disposición final del material, derecho de botadero.

Construcción del anillo de concreto con las especificaciones de espesor de 10 cm y resistencia de 17.5 MPa.

Mano de obra, equipos, herramienta menor necesaria.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de excavación en material común en cualquier condición de humedad para pilas 5-10 m, diámetro interno 1.5 m, Incluye anillo en concreto e=10cm 17.5 Mpa. (Diámetro total de excavación 1.7 m), remoción, cargue, transporte y descargue de todos los materiales excavados en las zonas de utilización o desecho, así como su correcta disposición en estas últimas. También, deberá cubrir los costos de todas las obras provisionales y complementarias, tales como la construcción de accesos, desvíos de corrientes de agua, construcción de cauces provisionales, trabajos de conservación de cauces; ataguías, y desagües; y los equipos, bombeos, transportes, mano de obra, limpieza final de la zona de construcción y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados De los volúmenes de excavación se descontarán, para fines de pago, aquellos que se empleen en la construcción de rellenos para estructuras, mampostería, muros de contención de suelo reforzado con geotextil, concretos, filtros, subbases, bases y capas de rodadura. En el caso de que los trabajos afecten una vía en la cual exista tránsito automotor, el precio

unitario deberá incluir, además, los costos de señalización preventiva de la vía y el control del tránsito durante la ejecución de los trabajos. El precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

MEDIDA:

La unidad de medida de las excavaciones en material común será el metro lineal (m), de material excavado en su posición original, determinado dentro y hasta las líneas de pago indicadas en los planos y en esta especificación o autorizadas por el Interventor.

ITEM DE PAGO:

4.1.75 Excavación en material común bajo agua para pilas 5-10 m, diámetro interno 1.5 m, Incluye anillo en concreto reforzado e=10, 21 mpa (Diámetro total de excavación 1.7 m). Incluye transporte y disposición final de los materiales. Se medirá en su posición original. (m)

ITEM 4.1.76 Excavación en material común bajo agua para pilas 10-15 m, diametro interno 1.5 m, Incluye anillo en concreto reforzado e=10, 21 mpa (Diámetro total de excavación 1.7 m). Incluye transporte y disposición final de los materiales. Se medirá en su posición original.

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 600-22 (Excavaciones varias) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carretera 2022 del INVIAS.

Se modifica en cuanto a la descripción en las generalidades:

Este trabajo comprende la excavación en material común (en cualquier condición de humedad) para la construcción de pilas de una obra, conforme a las especificaciones del diseño. El trabajo se realizará en un rango de profundidad de 10 a 15 metros, con un diámetro interno de 1.5 m y un diámetro total de excavación de 1.7 m, el cual incluye la excavación de la sección donde se colocará el anillo de concreto, el anillo de concreto tendrá un espesor de 10 cm y será de concreto con resistencia de 17.5 MPa.

Incluye:

- Excavación del material común para las pilas, considerando las condiciones de humedad en el terreno.

- Cargue y transporte del material excavado a su disposición final en un botadero autorizado.

- Disposición final del material excavado.

FORMA DE PAGO:

El trabajo de excavaciones en material común en cualquier condición de humedad para pilas 10-15 m, se pagará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con el proyecto, la presente especificación y las instrucciones del Interventor, para la excavación para estructuras varias en material común seco, ejecutada satisfactoriamente y aceptada por éste.

El precio unitario incluye:

Excavación en material común, con cualquier condición de humedad, cargue y transporte del material excavado.

Disposición final del material, derecho de botadero.

Construcción del anillo de concreto con las especificaciones de espesor de 10 cm y resistencia de 17.5 MPa.

Mano de obra, equipos, herramienta menor necesaria.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de excavación en material común en cualquier condición de humedad para pilas 10-15 m, diámetro interno 1.5 m, Incluye anillo en concreto e=10cm 17.5 Mpa. (Diámetro total de excavación 1.7 m), remoción, cargue, transporte y descargue de todos los materiales excavados en las zonas de utilización o desecho, así como su correcta disposición en estas últimas. También, deberá cubrir los costos de todas las obras provisionales y complementarias, tales como la construcción de accesos, desvíos de corrientes de agua, construcción de cauces provisionales, trabajos de conservación de cauces; ataguías, y desagües; y los equipos, bombeos, transportes, mano de obra, limpieza final de la zona de construcción y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados De los volúmenes de excavación se descontarán, para fines de pago, aquellos que se empleen en la construcción de rellenos para estructuras, mampostería, muros de contención de suelo reforzado con geotextil, concretos, filtros, subbases, bases y capas de rodadura. En el caso de que los trabajos afecten una vía en la cual exista tránsito automotor, el precio unitario deberá incluir, además, los costos de señalización preventiva de la vía y el control del tránsito durante la ejecución de los trabajos. El precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

FORMA DE PAGO:

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato por toda obra ejecutada, de acuerdo con los planos y esta especificación, y aceptada a satisfacción por el Interventor. El precio unitario deberá incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

MEDIDA:

La unidad de medida de las excavaciones en material común será el metro lineal (m), de material excavado en su posición original, determinado dentro y hasta las líneas de pago indicadas en los planos y en esta especificación o autorizadas por el Interventor.

ITEM DE PAGO:

4.1.76 Excavación en material común bajo agua para pilas 10-15 m, diametro interno 1.5 m, Incluye anillo en concreto reforzado e=10, 21 mpa (Diámetro total de excavación 1.7 m). Incluye transporte y disposición final de los materiales. Se medirá en su posición original. (m)

ITEM 4.2.3 Lleno mecánico compactado con material de préstamo hasta obtener una densidad mínima del 95%, de la obtenida en el ensayo del proctor modificado. No incluye transporte.

Para esta actividad rige lo estipulado en la especificación 610-22 (Relleno para estructuras) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carretera 2022 del INVIAS.

FORMA DE PAGO:

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato por toda obra ejecutada, de acuerdo con los planos y esta especificación, y aceptada a satisfacción por el Interventor. El precio unitario deberá incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

MEDIDA:

La unidad de medida para los volúmenes de llenos mecánicos será el metro cúbico (m3), aproximado al décimo de metro cúbico, de material compactado, aceptado por el Interventor, en su posición final.

ITEM DE PAGO:

4.2.3. Lleno mecánico compactado con material de préstamo hasta obtener una densidad mínima del 95%, de la obtenida en el ensayo del Proctor modificado. No incluye transporte. (m3)

ITEM 5.1.18.1 Suministro, transporte e instalación de Geomalla a uniaxial tejida de poliéster de 80 kN/m, para refuerzo de capas granulares. No incluye hierro para fijación que se pagará en su respectivo ítem.

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 638-22 (Muros de tierra estabilizada mecánicamente con geosintéticos) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

Este ítem comprende el suministro, transporte e instalación de Geomalla a uniaxial tejida de poliéster de 80 kN/m, para refuerzo de capas granulares, la actividad no incluye hierro para fijación que se pagará en su respectivo ítem.

MEDIDA:

La unidad de medida de los geosintéticos 2 debe ser el metro cuadrado (m2), aproximado al entero, de geosintético colocado aprobado por el interventor, de acuerdo con lo exigido por la presente especificación. 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 ningún área por fuera de tales límites indicados en los documentos del proyecto, ni se deben considerar para efecto del pago, los traslapos.

ITEM DE PAGO:

5.1.18.1 Suministro, transporte e instalación de Geomalla a uniaxial tejida de poliéster de 80 kN/m, para refuerzo de capas granulares. No incluye hierro para fijación que se pagará en su respectivo ítem. (m2)

ITEM 5.1.8.2 Suministro, transporte e instalación de Geomalla uniaxial tejida de poliéster de 115 kN/m para refuerzo de capas granulares. No incluye hierro para fijación que se pagará en su respectivo ítem.

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 638-22 (Muros de tierra estabilizada mecánicamente con geosintéticos) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

Este ítem comprende el suministro, transporte e instalación de Geomalla a uniaxial tejida de poliéster de 80 kN/m, para refuerzo de capas granulares, la actividad no incluye hierro para fijación que se pagará en su respectivo ítem.

MEDIDA:

La unidad de medida de los geosintéticos 2 debe ser el metro cuadrado (m2), aproximado al entero, de geosintético colocado aprobado por el interventor, de acuerdo con lo exigido por la presente especificación. 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 ningún área por fuera de tales límites indicados en los documentos del proyecto, ni se deben considerar para efecto del pago, los traslapos.

ITEM DE PAGO:

Suministro, transporte e instalación de Geomalla uniaxial tejida de poliéster de 115 kN/m para refuerzo de capas granulares. No incluye hierro para fijación que se pagará en su respectivo ítem. (m2)

ITEM 5.2.11 Proceso de estabilización con material granular y cemento. Incluye suministro del material granular (base), colocación y compactación de la mezcla con cemento y todo lo necesario para su correcta instalación. El suministro de cemento será pagado en su respectivo ítem.

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 235-22 (Estabilización de suelos de subrasante y terraplén con cemento) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

Este ítem comprende el proceso de estabilización con material granular y cemento, la actividad incluye el suministro del material granular (base), colocación y compactación de la mezcla con cemento y todo lo necesario para su correcta instalación, se tiene en cuenta que el suministro de cemento será pagado en su respectivo ítem.

FORMA DE PAGO:

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato por toda obra ejecutada, de acuerdo con los planos y esta especificación, y aceptada a satisfacción por el Interventor. El precio unitario deberá incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

MEDIDA:

La unidad de medida debe ser el metro cúbico (m3), aproximado a la décima (0,1), de mezcla colocada y compactada, aprobada por el interventor, de acuerdo con esta especificación. El volumen se debe determinar utilizando la longitud real medida a lo largo del eje de la vía y las secciones transversales establecidas en los documentos del proyecto, previa verificación de la conformidad de su anchura y espesor con dichos documentos y dentro de las tolerancias permitidas en este artículo. No se deben medir cantidades en exceso de las especificadas, especialmente cuando ellas se produzcan por sobreexcavaciones por parte del constructor.

Si los documentos del proyecto indican que el cemento se debe pagar por aparte, la unidad de medida debe ser el kilogramo (kg), aproximado al kilogramo entero, incorporado en la mezcla, debidamente aceptada por el interventor. Art. 235 El precio unitario debe incluir,

también, el suministro en el sitio y la aplicación del agua para el curado de la capa compactada y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados. En este caso, para determinar la cantidad de cemento efectivamente incorporada a la mezcla se debe tomar el porcentaje de cemento promedio del lote (CPL), determinado en los ensayos de contenido de cemento realizados a la mezcla, como se indica en la norma del INVIAS numeral 235.5.2.1, se debe efectuar el cálculo correspondiente y se debe aproximar 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.

ITEM DE PAGO:

5.2.11 Proceso de estabilización con material granular y cemento. Incluye suministro del material granular (base), colocación y compactación de la mezcla con cemento y todo lo necesario para su correcta instalación. El suministro de cemento será pagado en su respectivo ítem. (m3)

ITEM 6.1.18 Concreto Clase F (14 MPa). Solados de E=0.05 m (m3)

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 630-22 (Concreto estructural) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

Este ítem comprende el suministro, transporte, colocación, compactación, nivelación y curado del concreto clase F (14 MPa) para la ejecución de solados (placas de concreto delgadas), con un espesor uniforme de 0.05 m, utilizados como superficie de apoyo, limpieza o protección de estructuras y fundaciones.

FORMA DE PAGO:

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato por toda obra ejecutada, de acuerdo con los planos y esta especificación, y aceptada a satisfacción por el Interventor. El precio unitario deberá incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

MEDIDA:

La unidad de medida será el metro cúbico (m3), aproximado al décimo del metro cuadrado, se medirá el área efectivamente ejecutada, según dimensiones indicadas en planos o determinados por el interventor. El valor incluye: Suministro de materiales, mano de obra, acarreo interno, herramienta menor, limpieza y preparación del sitio, curado del concreto.

ITEM DE PAGO:

6.1.18.1 Concreto Clase F (14 MPa). Solados de E=0.05 m (m3)

ITEM 6.1.13. Pila-pilote-caisson en concreto Clase D (21 MPa) fundido en sitio

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 630-22 (Concreto estructural) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

Este ítem se refiere al suministro, transporte, colocación y curado del concreto Clase D (21 MPa) fundido en sitio, utilizado en la construcción de pilas, pilotes o caissons como elementos estructurales de cimentación profunda. La ejecución deberá cumplir con las

dimensiones, alineaciones y detalles mostrados en los planos del proyecto o definidos por el Interventor. El acero de refuerzo se pagar por su respectivo ítem.

FORMA DE PAGO:

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato por toda obra ejecutada, de acuerdo con los planos y esta especificación, y aceptada a satisfacción por el Interventor. El precio unitario deberá incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

MEDIDA:

La unidad de medida será el metro cúbico (m3), aproximado al décimo del metro cúbico, se mide el volumen real de concreto colocado en el pilote, pila o caisson, según dimensiones indicadas en planos o determinados por el interventor. El valor incluye: Suministro de materiales, mano de obra, acarreo interno, herramienta menor, limpieza y preparación del sitio, curado del concreto.

ITEM DE PAGO:

6.1.14 Pila-pilote-caisson en concreto Clase D (21 MPa) fundido en sitio (m3)

ITEM 6.2.16.1 Concreto Clase D (28 MPa). Losa de transición (aproximación). Incluye el suministro y el transporte de todos los materiales, la formaleta metálica o equivalente. El acero de refuerzo se pagará en su ítem respectivo. Incluye todo lo necesario para su correcta.

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 630-22 (Concreto estructural) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

Este ítem se refiere al suministro, transporte y colocación del concreto Clase D (28 MPa). Losa de transición (aproximación). Incluye el suministro y el transporte de todos los materiales, la formaleta metálica o equivalente. El acero de refuerzo se pagará en su ítem respectivo. Incluye todo lo necesario para su correcta.

MEDIDA:

La unidad de medida será el metro cúbico (m3), aproximado al décimo del metro cúbico, se mide el volumen real de concreto colocado en el pilote, pila o caisson, según dimensiones indicadas en planos o determinados por el interventor. El valor incluye: Suministro de materiales, mano de obra, acarreo interno, herramienta menor, limpieza y preparación del sitio, curado del concreto.

ITEM DE PAGO:

6.2.16.1 Concreto Clase D (28 MPa). Losa de transición (aproximación). Incluye el suministro y el transporte de todos los materiales, la formaleta metálica o equivalente. El acero de refuerzo se pagará en su ítem respectivo. Incluye todo lo necesario para su correcta. (m3)

ITEM 6.2.17 Concreto Clase D (21 MPa). Andenes E=0.08 m. Incluye estructura de soporte (entresuelo e=0.15, arenilla e=0.05). La actividad consiste en el suministro, transporte y colocación de concreto pendientado y llaneado, vaciado alternado (en

cuadros no superiores de 1.5 x 1.5 m), llaves de confinamiento lateral de 0,15*0,30, curado y todo lo necesario para su correcta construcción y funcionamiento. Las excavaciones o descapotes y la malla electrosoldada se pagarán en su ítem respectivo.

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 630-22 (Concreto estructural) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

Este ítem se refiere al suministro, transporte y colocación del concreto Clase D (21 MPa). para andenes E=0.08 m. Incluye estructura de soporte (entresuelo e=0.15, arenilla e=0.05). La actividad consiste en el suministro, transporte y colocación de concreto pendientado y llaneado, vaciado alternado (en cuadros no superiores de 1.5 x 1.5 m), llaves de confinamiento lateral de 0,15*0,30, curado y todo lo necesario para su correcta construcción y funcionamiento. Las excavaciones o descapotes y la malla electrosoldada se pagarán en su ítem respectivo.

MEDIDA:

La unidad de medida será el metro cúbico (m3), aproximado al décimo del metro cúbico, se mide el volumen real de concreto colocado en el pilote, pila o caisson, según dimensiones indicadas en planos o determinados por el interventor. El valor incluye: Suministro de materiales, mano de obra, acarreo interno, herramienta menor, limpieza y preparación del sitio, curado del concreto.

ITEM DE PAGO:

6.2.17 Concreto Clase D (21 MPa). Andenes E=0.08 m. Incluye estructura de soporte (entresuelo e=0.15, arenilla e=0.05). La actividad consiste en el suministro, transporte y colocación de concreto pendientado y llaneado, vaciado alternado (en cuadros no superiores de 1.5 x 1.5 m), llaves de confinamiento lateral de 0,15*0,30, curado y todo lo necesario para su correcta construcción y funcionamiento. Las excavaciones o descapotes y la malla electrosoldada se pagarán en su ítem respectivo. (m3)

ITEM 6.2.30 Concreto Clase C (28 MPa). Vigas longitudinales y columnas. Incluye transporte, suministro, colocación y formaleta, obra falsa para puentes.

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 630-22 (Concreto estructural) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

Este ítem se refiere al suministro, transporte y colocación del concreto Clase C (28 MPa) para vigas longitudinales y columnas, la actividad incluye transporte, suministro, colocación y formaleta, obra falsa para puentes.

MEDIDA:

La unidad de medida será el metro cúbico (m3), aproximado al décimo del metro cúbico, se mide el volumen real de concreto colocado en el pilote, pila o caisson, según dimensiones indicadas en planos o determinados por el interventor. El valor incluye: Suministro de materiales, mano de obra, acarreo interno, herramienta menor, limpieza y preparación del sitio, curado del concreto.

ITEM DE PAGO:

6.2.30 Concreto Clase C (28 MPa). Vigas longitudinales y columnas. Incluye transporte, suministro, colocación y formaleta, obra falsa para puentes. (m3)

ITEM 6.2.31 Concreto Clase C (28 MPa). Estribos, vigas cabezales y vigas de amarre. Incluye suministro, transporte, colocación, formaleta, obra falsa para puentes y demás elementos necesarios para su correcta ejecución.

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 630-22 (Concreto estructural) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

Este ítem se refiere al suministro, transporte y colocación del concreto Clase C (28 MPa), para estribos, vigas cabezales y vigas de amarre, la actividad incluye suministro, transporte, colocación, formaleta, obra falsa para puentes y demás elementos necesarios para su correcta ejecución.

MEDIDA:

La unidad de medida será el metro cúbico (m3), aproximado al décimo del metro cúbico, se mide el volumen real de concreto colocado en el pilote, pila o caisson, según dimensiones indicadas en planos o determinados por el interventor. El valor incluye: Suministro de materiales, mano de obra, acarreo interno, herramienta menor, limpieza y preparación del sitio, curado del concreto.

ITEM DE PAGO:

6.2.31 Concreto Clase C (28 MPa). Estribos, vigas cabezales y vigas de amarre. Incluye suministro, transporte, colocación, formaleta, obra falsa para puentes y demás elementos necesarios para su correcta ejecución. (m3)

ITEM 6.2.32 Concreto Clase C (28 MPa). Tablero, losa de fondo y bordillo. Incluye suministro, transporte, colocación, formaleta, obra falsa para puentes y demás elementos necesarios para su correcta ejecución.

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 630-22 (Concreto estructural) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

Este ítem comprende el suministro transporte y colocación del concreto Clase C (28 MPa) para el tablero, losa de fondo y bordillo, la actividad incluye suministro, transporte, colocación, formaleta, obra falsa para puentes y demás elementos necesarios para su correcta ejecución.

MEDIDA:

La unidad de medida será el metro cúbico (m3), aproximado al décimo del metro cúbico, se mide el volumen real de concreto colocado en tablero, losa de fondo y bordillo, según dimensiones indicadas en planos o determinados por el interventor. El valor incluye: Suministro de materiales, mano de obra, acarreo interno, herramienta menor, limpieza y preparación del sitio, curado del concreto.

ITEM DE PAGO:

6.2.32 Concreto Clase C (28 MPa). Tablero, losa de fondo y bordillo. Incluye suministro, transporte, colocación, formaleta, obra falsa para puentes y demás elementos necesarios para su correcta ejecución. (m3)

ITEM 6.2.35 Concreto Clase A (35 MPa). Vigas longitudinales en I para postensar. Incluye transporte, suministro, colocación del concreto, formaleta, obra falsa y equipo necesario para el lanzamiento de las vigas.

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 630-22 (Concreto estructural) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

Este ítem comprende el suministro transporte y colocación del concreto Clase A (35 MPa) para vigas longitudinales en I para postensar, la actividad incluye transporte, suministro, colocación del concreto, formaleta, obra falsa y equipo necesario para el lanzamiento de las vigas.

MEDIDA:

La unidad de medida será el metro cúbico (m3), aproximado al décimo del metro cúbico, se mide el volumen real de concreto colocado en tablero, losa de fondo y bordillo, según dimensiones indicadas en planos o determinados por el interventor. El valor incluye: Suministro de materiales, mano de obra, acarreo interno, herramienta menor, limpieza y preparación del sitio, curado del concreto.

ITEM DE PAGO:

6.2.35 Concreto Clase A (35 MPa). Vigas longitudinales en I para postensar. Incluye transporte, suministro, colocación del concreto, formaleta, obra falsa y equipo necesario para el lanzamiento de las vigas. (m3)

ITEM 6.2.47 Concreto de 28 Mpa para Vigas Diafragma externas e intermedias

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 630-22 (Concreto estructural) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

Este ítem comprende el suministro transporte y colocación del concreto de 28 Mpa para Vigas Diafragma externas e intermedias.

MEDIDA:

La unidad de medida será el metro cúbico (m3), aproximado al décimo del metro cúbico, se mide el volumen real de concreto colocado en tablero, losa de fondo y bordillo, según dimensiones indicadas en planos o determinados por el interventor. El valor incluye: Suministro de materiales, mano de obra, acarreo interno, herramienta menor, limpieza y preparación del sitio, curado del concreto.

ITEM DE PAGO:

6.2.47 Concreto de 28 Mpa para Vigas Diafragma externas e intermedias (m3)

ITEM 7.1.2.2 Suministro y aplicación de mezcla asfáltica en caliente tipo densa MDC 10 que cumpla con el Artículo 450-22 de la norma INVIAS 2022. Incluye: colocación

con terminadora (finisher), compactación y terminación de bordes. No incluye imprimación, ni transporte de materiales

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 450 - 22 (Mezclas asfálticas en caliente de gradación continua (Concreto asfáltico)) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

Este ítem comprende el suministro y aplicación de mezcla asfáltica en caliente tipo densa MDC 10 que cumpla con el Artículo 450-22 de la norma INVIAS 2022. Incluye: colocación con terminadora (finisher), compactación y terminación de bordes. No incluye imprimación, ni transporte de materiales.

MEDIDA:

La unidad de medida debe ser el metro cúbico (m3), aproximado a la décima (0,1), de mezcla elaborada, suministrada y compactada en obra, aprobada por el interventor, de acuerdo con lo exigido en la especificación respectiva. El volumen se debe determinar multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje del trabajo, por el ancho y espesor especifica dos en los documentos del proyecto. No se debe medir ningún volumen por fuera de tales límites.

ITEM DE PAGO:

7.1.2.2 Suministro y aplicación de mezcla asfáltica en caliente tipo densa MDC 10 que cumpla con el Artículo 450-22 de la norma INVIAS 2022. Incluye: colocación con terminadora (finisher), compactación y terminación de bordes. No incluye imprimación, ni transporte de materiales. (m3)

ITEM 7.2.6 Construcción de junta de dilatación o expansión para puentes. Incluye corte y demolición de pavimento, suministro y anclaje de pernos y todo lo necesario para su correcto funcionamiento.

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 642 - 22 (Apoyos y sellos para juntas de puentes) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

Este ítem comprende la construcción de junta de dilatación o expansión para puentes, la actividad incluye corte y demolición de pavimento, suministro y anclaje de pernos y todo lo necesario para su correcto funcionamiento.

MEDIDA:

La unidad de medida debe ser el metro (m), aproximado a la centésima (0,01), de sello de calidad apropiada, adecuadamente instalado y aceptado por el interventor. La medida se debe realizar directamente sobre el sello, dentro de los límites de colocación autoriza dos 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.

ITEM DE PAGO:

7.2.6 Construcción de junta de dilatación o expansión para puentes. Incluye corte y demolición de pavimento, suministro y anclaje de pernos y todo lo necesario para su correcto funcionamiento. (m)

ITEM 7.2.18 Suministro e instalación de apoyos elastoméricos de 550 x 550 x 160 mm, según diseño, con 4 láminas de 3mm.

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 642 - 22 (Apoyos y sellos para juntas de puentes) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

Este ítem comprende el suministro e instalación de apoyos elastoméricos de 550 x 550 x 160 mm, según diseño, con 4 láminas de 3mm.

MEDIDA:

La unidad de medida debe ser la unidad (u) de apoyo elastomérico de cada tipo y dimensiones, elaborado de acuerdo con los documentos del proyecto y esta especificación e instalado y aprobado por el interventor.

ITEM DE PAGO:

7.2.18 Suministro e instalación de apoyos elastoméricos de 550 x 550 x 160 mm, según diseño, con 4 láminas de 3mm**.** (Und)

ITEM 7.2.19 Suministro e instalación de apoyos elastoméricos de 550 x 550 x 80 mm, según diseño, con 3 láminas de 3mm.

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 642 - 22 (Apoyos y sellos para juntas de puentes) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

Este ítem comprende el suministro e instalación de apoyos elastoméricos de 550 x 550 x 80 mm, según diseño, con 3 láminas de 3mm.

MEDIDA:

La unidad de medida debe ser la unidad (u) de apoyo elastomérico de cada tipo y dimensiones, elaborado de acuerdo con los documentos del proyecto y esta especificación e instalado y aprobado por el interventor.

ITEM DE PAGO:

7.2.19 Suministro e instalación de apoyos elastoméricos de 550 x 550 x 80 mm, según diseño, con 3 láminas de 3mm. (Und)

ITEM 7.2.20 Suministro e instalación de apoyos elastoméricos de 200 x 300 x 30 mm, según diseño.

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 642 - 22 (Apoyos y sellos para juntas de puentes) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

Este ítem comprende el suministro e instalación de apoyos elastoméricos de 200 x 300 x 30 mm, según diseño.

MEDIDA:

La unidad de medida debe ser la unidad (u) de apoyo elastomérico de cada tipo y dimensiones, elaborado de acuerdo con los documentos del proyecto y esta especificación e instalado y aprobado por el interventor.

ITEM DE PAGO:

7.2.20 Suministro e instalación de apoyos elastoméricos de 200 x 300 x 30 mm, según diseño. (Und)

ITEM 7.2.21 Suministro e instalación de apoyos elastoméricos de 550 x 550 x 180mm, según diseño, con 4 láminas de 1/8".

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 642 - 22 (Apoyos y sellos para juntas de puentes) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

Este ítem comprende el suministro e instalación de apoyos elastoméricos de 550 x 550 x 180mm, según diseño, con 4 láminas de 1/8".

MEDIDA:

La unidad de medida debe ser la unidad (u) de apoyo elastomérico de cada tipo y dimensiones, elaborado de acuerdo con los documentos del proyecto y esta especificación e instalado y aprobado por el interventor.

ITEM DE PAGO:

7.2.21 Suministro e instalación de apoyos elastoméricos de 550 x 550 x 180mm, según diseño, con 4 láminas de 1/8". (Und)

ITEM 8.5 Suministro, transporte y colocación de material filtrante para construcción de filtros de 2" a 3" con canto rodado.

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 673-22 (Subdrenes con geotextil y material granular) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

Este ítem comprende el suministro, transporte y colocación de material filtrante para construcción de filtros de 2" a 3" con canto rodado.

MEDIDA:

La unidad de medida del material granular 3 drenante debe ser el metro cúbico (m), aproximado al entero, de material suministrado y colocado en obra, 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. El volumen se debe determinar multiplicando la longitud de la zanja, medida a lo largo del eje del subdrén, por el ancho de la misma y por la altura de colocación del material drenante indicados en los documentos del proyecto o autorizados por el interventor.

ITEM DE PAGO:

8.5 Suministro, transporte y colocación de material filtrante para construcción de filtros de 2" a 3" con canto rodado. (m3)

ITEM 8.9 Suministro, transporte e Instalación de Geotextil NT 2500 o equivalente. No incluye excavación y llenos, los cuales se pagan por su ítem respectivo.

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 673 - 22 (Subdrenes con geotextil y material granular) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

Este ítem comprende el suministro, transporte e instalación de Geotextil NT 2500 o equivalente, la actividad no incluye excavación y llenos, los cuales se pagan por su ítem respectivo.

MEDIDA:

La unidad de medida del geotextil debe ser el 2 metro cuadrado (m), aproximado al entero, de geotextil medido en obra, colocado de acuerdo con los documentos del proyecto y esta especificación y debidamente aceptado por el interventor. No se deben medir los traslapos. Art. 673 altura de colocación del material de cobertura indicados en los documentos del proyecto o autorizados por el interventor. El resultado de la medida se debe informar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

ITEM DE PAGO:

8.9 Suministro, transporte e Instalación de Geotextil NT 2500 o equivalente. No incluye excavación y llenos, los cuales se pagan por su ítem respectivo.

ITEM 8.12.1 Suministro, transporte e instalación de Geodren planar H=2.0 m

Para esta actividad rige lo estipulado en la especificación técnica particular Ítem 8.12.1 (Suministro, transporte e instalación de Geodren planar H=2.0 m)

ITEM DE PAGO:

8.12.1 Suministro, transporte e instalación de Geodren planar H=2.0 m (m)

ITEM 8.30 Suministro, transporte y colocación de tubería de 2", perforada, recubierta con geotextil NT 2000 para lloraderos.

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 663 - 22 (Tubería de plástico) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

Este ítem comprende el Suministro, transporte y colocación de tubería de 2", perforada, recubierta con geotextil NT 2000 para lloraderos.

MEDIDA:

La unidad de medida de la tubería debe ser el metro (m), aproximado a la décima (0,1), de tubería de plástico suministrada y colocada de acuerdo con los documentos del proyecto aprobados por el interventor y esta especificación. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, emplean do el método de redondeo de la norma INV E 823. La medida se debe hacer entre las caras exteriores de los extremos de la tubería o los cabezales, según el caso, a lo largo del eje longitudinal y siguiendo la pendiente de la

tubería. No se debe medir, para efectos de pago, ninguna longitud de tubería colocada fuera de los límites autorizados por el interventor.

ITEM DE PAGO:

8.30 Suministro, transporte y colocación de tubería de 2", perforada, recubierta con geotextil NT 2000 para lloraderos. (m)

ITEM 8.31 Suministro, transporte y colocación de tubería perforada de 4" para drenaje con filtro. Incluye los accesorios y todo lo necesario para su correcta instalación y funcionamiento.

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 663 - 22 (Tubería de plástico) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

Este ítem comprende el Suministro, transporte y colocación de tubería perforada de 4" para drenaje con filtro. Incluye los accesorios y todo lo necesario para su correcta instalación y funcionamiento.

MEDIDA:

La unidad de medida de la tubería debe ser el metro (m), aproximado a la décima (0,1), de tubería de plástico suministrada y colocada de acuerdo con los documentos del proyecto aprobados por el interventor y esta especificación. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, emplean do el método de redondeo de la norma INV E 823. La medida se debe hacer entre las caras exteriores de los extremos de la tubería o los cabezales, según el caso, a lo largo del eje longitudinal y siguiendo la pendiente de la tubería. No se debe medir, para efectos de pago, ninguna longitud de tubería colocada fuera de los límites autorizados por el interventor.

ITEM DE PAGO:

8.31 Suministro, transporte y colocación de tubería perforada de 4" para drenaje con filtro. Incluye los accesorios y todo lo necesario para su correcta instalación y funcionamiento. (m)

ITEM 8.43 Suministro de Cemento Portland hidráulico

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 235 - 22 (Estabilización de suelos de subrasante y terraplén con cemento) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

Este ítem comprende el suministro de Cemento Portland hidráulico.

MEDIDA:

La unidad de medida debe ser el metro cúbico (m3), aproximado a la décima (0,1), de mezcla colocada y compactada, aprobada por el interventor, de acuerdo con esta especificación. El volumen se debe determinar utilizando la longitud real medida a lo largo del eje de la vía y las secciones transversales establecidas en los documentos del proyecto, previa verificación de la conformidad de su anchura y espesor con dichos documentos y

dentro de las tolerancias permitidas en este artículo. No se deben medir cantidades en exceso de las especificadas, especialmente cuando ellas se produzcan por sobreexcavaciones por parte del constructor.

Si los documentos del proyecto indican que el cemento se debe pagar por aparte, la unidad de medida debe ser el kilogramo (kg), aproximado al kilogramo entero, incorporado en la mezcla, debidamente aceptada por el interventor.

En este caso, para determinar la cantidad de cemento efectivamente incorporada a la mezcla se debe tomar el porcentaje de cemento promedio del lote (CPL), determinado en los ensayos de contenido de cemento realizados a la mezcla, como se indica en el numeral 235.5.2.1, se debe efectuar el cálculo correspondiente y se debe aproximar 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.

ITEM DE PAGO:

8.43 Suministro de Cemento Portland hidráulico (kg)

ITEM 10.1 Suministro, transporte y colocación de Acero de refuerzo fy=420 Mpa (Grado 60)

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 640-22 (Acero de refuerzo) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

Esta actividad comprende el suministro, transporte y colocación de Acero de refuerzo fy=420 Mpa (Grado 60).

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 debida mente 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 específica mente estipulado, para pago en otras unida des 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, no se deben medir cantidades en exceso de las indicadas en los documentos del proyecto o las ordenadas por el interventor.

ITEM DE PAGO:

10.1 Suministro, transporte y colocación de Acero de refuerzo fy=420 Mpa (Grado 60) (kg)

ITEM 11.10 Acero de PreEsfuerzo, incluye suministro, colocación y tensionamiento de acero de preesfuerzo, ductos, anclajes, inyecciones de lechada y todo lo necesario para su correcta ejecución.

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 642-22 (Acero de preesfuerzo) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

Esta actividad comprende el Acero de PreEsfuerzo, incluye suministro, colocación y tensionamiento de acero de preesfuerzo, ductos, anclajes, inyecciones de lechada y todo lo necesario para su correcta ejecución.

MEDIDA:

La unidad de medida del acero de preesfuerzo debe ser la tonelada fuerza-metro (tfm) efectiva, medida en el centro de la luz, o el kilogramo (kg), suministrado y correctamente instalado y tensado, de acuerdo con los documentos del proyecto aprobados por el interventor y esta especificación. La cantidad de toneladas fuerza-metro efectivas se debe precisar multiplicando el número de metros lineales de cable, aproximados al centímetro (cm), por el número de toneladas fuerza efectivas en el centro de la luz. Art. INVIAS 641 por concepto de suministro, almacenamiento, transportes y colocación de acero, ductos, anclajes y demás accesorios requeridos para completar satisfactoriamente el trabajo.

También, debe cubrir todos los costos de tensionamiento del acero y los de suministro de materiales para la lechada requerida para llenar los ductos, su almacenamiento, manejo, transportes, cargues, descargues, mezcla, preparación de ductos e inyección; el suministro y la aplicación del inhibidor de corrosión; el suministro y la aplicación de las pinturas necesarias; todo el equipo, mano de obra, asesoría, preparación de planos, patentes, muestras de ensayo, medidas de seguridad, limpieza final de la zona de las obras y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del trabajo especificado. El precio unitario debe incluir, también, la administración e imprevistos y la utilidad del constructor. A su vez, el número de toneladas fuerza efectivas en el centro de la luz se debe determinar con aproximación a la décima (0,1). Si la medida se realiza por kilogramos (kg), esta se debe efectuar con aproximación al entero. En todos los casos, el resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

ITEM DE PAGO:

11.10 Acero de PreEsfuerzo, incluye suministro, colocación y tensionamiento de acero de preesfuerzo, ductos, anclajes, inyecciones de lechada y todo lo necesario para su correcta ejecución. (kg)

ITEM 11.15 Suministro, transporte y colocación de perfiles metálicos estructurales tipo IPE y COLMENA ASTM 572-Grado 50, conexiones y láminas de anclaje en lámina A36, pasamanos metálico, pernos de anclaje TIPO B7 y tornillería grado 5. Incluye limpieza mecánica para galvanizado en caliente y todos los elementos necesarios para su correcta instalación y funcionamiento. Se deben de incluir las juntas de transición losa-puente y los apoyos elastoméricos.

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 650-22 (Estructuras de acero) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

Esta actividad comprende el Suministro, transporte y colocación de perfiles metálicos estructurales tipo IPE y COLMENA ASTM 572-Grado 50, conexiones y láminas de anclaje en lámina A36, pasamanos metálico, pernos de anclaje TIPO B7 y tornillería grado 5. Incluye limpieza mecánica para galvanizado en caliente y todos los elementos necesarios para su correcta instalación y funcionamiento. Se deben de incluir las juntas de transición losa-puente y los apoyos elastoméricos.

MEDIDA:

La unidad de medida del acero estructural debe ser el kilogramo (kg), aproximado al entero, de acero incorporado en la estructura, de acuerdo con los documentos del proyecto aprobados por el interventor, esta especificación y la NTC 5832. 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 debe incluir el acero estructural, apoyos especiales y demás materiales complementarios requeridos en los documentos del proyecto y disposiciones especiales, satisfactoriamente suministrados y montados, incorporados permanentemente en la estructura objeto del trabajo. Los tipos de miembros de acero y otros mate riales estructurales que se midan, deben estar de acuerdo con la clasificación señalada en los documentos del proyecto o en las disposicio nes especiales. Los pernos de anclaje se deben contar para el pago, aún cuando los mismos no sean instalados por el constructor.

No se debe hacer medida por separado de los pasadores y pernos de montaje; soldaduras, pintura de taller y de campo; galvanizado; cajas, jaulas y otros empaques usados para embarques; planos de fabricación, taller y montaje, diseño y construcción de obra falsa; soleras, puntales y varillas empleadas para sostener las piezas durante su transporte y montaje; y demás materiales requeridos para completar satisfactoriamente el trabajo de acuerdo con los documentos aprobados por el interventor y estas especificaciones.

Tampoco debe haber medida separada de almohadillas elastoméricas o preformadas, excepto si ellas se consideran en otra partida de pago.

ITEM DE PAGO:

11.15 Suministro, transporte y colocación de perfiles metálicos estructurales tipo IPE y COLMENA ASTM 572-Grado 50, conexiones y láminas de anclaje en lámina A36, pasamanos metálico, pernos de anclaje TIPO B7 y tornillería grado 5. Incluye limpieza mecánica para galvanizado en caliente y todos los elementos necesarios para su correcta instalación y funcionamiento. Se deben de incluir las juntas de transición losa-puente y los apoyos elastoméricos. (kg)

ITEM 12.1 Suministro, transporte y aplicación con pintura acrílica en frio reflectorizada con microesferas de vidrio para línea de demarcación en pavimento.

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 700-22 (Líneas de demarcación y marcas viales) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

Esta actividad comprende el suministro, transporte y aplicación con pintura acrílica en frio reflectorizada con microesferas de vidrio para línea de demarcación en pavimento.

MEDIDA:

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.

ITEM DE PAGO:

12.1 Suministro, transporte y aplicación con pintura acrílica en frio reflectorizada con microesferas de vidrio para línea de demarcación en pavimento. (m)

ITEM 12.2 Suministro, transporte y aplicación de pintura acrílica en frio reflectorizada con microesferas de vidrio para resaltos, zonas escolares y otras áreas. Incluye texto, pictograma y todo lo necesario para su correcta instalación.

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 700-22 (Líneas de demarcación y marcas viales) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

Esta actividad comprende el suministro, transporte y aplicación de pintura acrílica en frio reflectorizada con microesferas de vidrio para resaltos, zonas escolares y otras áreas. Incluye texto, pictograma y todo lo necesario para su correcta instalación.

MEDIDA:

La unidad de medida para las demás marcas 2 viales debe ser el metro cuadrado (m2), 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

ITEM DE PAGO:

12.2 Suministro, transporte y aplicación de pintura acrílica en frio reflectorizada con microesferas de vidrio para resaltos, zonas escolares y otras áreas. Incluye texto, pictograma y todo lo necesario para su correcta instalación. (m2)

ITEM 12.3 Suministro, transporte y colocación de tachas reflectivas con espigo en la superficie del pavimento.

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 701-22 (Tachas reflectivas) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

Esta actividad comprende el suministro, transporte y colocación de tachas reflectivas con espigo en la superficie del pavimento.

MEDIDA:

Las tachas reflectivas se deben medir por unidad (u) instalada de acuerdo con los documentos del proyecto y la presente especificación, debidamente aceptadas por el interventor.

ITEM DE PAGO:

12.3 Suministro, transporte y colocación de tachas reflectivas con espigo en la superficie del pavimento. (Und)

ITEM 12.5 Suministro, transporte e instalación de señal vertical de 75 cm x 75 cm en lámina galvanizada calibre 16 reflectivo tipo XI, estructura metálica tipo pedestal compuesta por un paral en ángulo de 2"x2"x1/4" y brazo en ángulo de 2"x2"x1/8".

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 710-22 (Señales verticales de tránsito) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

Esta actividad comprende el Suministro, transporte e instalación de señal vertical de 75 cm x 75 cm en lámina galvanizada calibre 16 reflectivo tipo XI, estructura metálica tipo pedestal compuesta por un paral en ángulo de 2"x2"x1/4" y brazo en ángulo de 2"x2"x1/8".

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.

ITEM DE PAGO:

12.5 Suministro, transporte e instalación de señal vertical de 75 cm x 75 cm en lámina galvanizada calibre 16 reflectivo tipo XI, estructura metálica tipo pedestal compuesta por un paral en ángulo de 2"x2"x1/4" y brazo en ángulo de 2"x2"x1/8". (Und)

ITEM 12.6 Suministro, transporte e instalación de señal vertical de 75 cm x 75 cm más lámina inferior, en lámina galvanizada calibre 16, reflectivo tipo IX amarillo limón, estructura metálica tipo pedestal compuesto por un paral en ángulo de 2"x2"x1/4" y brazos en ángulo 2"x2"x1/8".

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 710-22 (Señales verticales de tránsito) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

Esta actividad comprende el Suministro, transporte e instalación de señal vertical de 75 cm x 75 cm más lámina inferior, en lámina galvanizada calibre 16, reflectivo tipo IX amarillo limón, estructura metálica tipo pedestal compuesto por un paral en ángulo de 2"x2"x1/4" y brazos en ángulo 2"x2"x1/8".

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.

ITEM DE PAGO:

12.6 Suministro, transporte e instalación de señal vertical de 75 cm x 75 cm más lámina inferior, en lámina galvanizada calibre 16, reflectivo tipo IX amarillo limón, estructura metálica tipo pedestal compuesto por un paral en ángulo de 2"x2"x1/4" y brazos en ángulo 2"x2"x1/8". (Und)

ITEM 13.1 Transporte de materiales de afirmado, subbase, base y mezcla asfáltica para distancias superiores a 1000 m medidos a partir de 100 m. material compacto (incluye 30% de expansión).

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 900-22 (Transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carretera 2022 del INVIAS.

Se modifica en cuanto a la descripción:

Este trabajo consiste en el transporte de materiales de afirmado, subbase, base y mezcla asfáltica para distancias superiores a 1000 metros, medidos a partir de 100 metros, material compacto, incluye el 30% de expansión de los materiales.

Esta especificación no es aplicable al transporte de líquidos, productos manufacturados, elementos industriales, ni al de agregados pétreos, materiales de construcción de los pavimentos rígidos, obras de concreto hidráulico y de drenaje.

Las demás consideraciones se mantienen.

ITEM DE PAGO:

13.1 Transporte de materiales de afirmado, subbase, base y mezcla asfáltica para distancias superiores a 1000 m medidos a partir de 100 m. Material compacto (Incluye 30% de expansión). (m3-km)

ITEM 13.2 Transporte de sobrantes provenientes de la excavación de la explanación, canales, préstamos para distancias superiores a 1000 m medidos a partir de 100 m. material compacto (incluye 30% de expansión).

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 900-22 (Transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carretera 2022 del INVIAS.

Se modifica en cuanto a la descripción: Este trabajo consiste en el transporte de materiales sobrantes provenientes de la excavación de la explanación, canales, préstamos para distancias superiores a 1000 metros, medidos a partir de 100 metros, material compacto, incluye el 30% de expansión de los materiales.

Esta especificación no es aplicable al transporte de líquidos, productos manufacturados, elementos industriales, ni al de agregados pétreos, materiales de construcción de los pavimentos rígidos, obras de concreto hidráulico y de drenaje. Las demás consideraciones se mantienen.

ITEM DE PAGO:

13.2 Transporte de sobrantes provenientes de la excavación de la explanación, canales, préstamos para distancias superiores a 1000 m medidos a partir de 100 m. Material compacto (Incluye 30% de expansión). (m3-km)

ITEM 15.2 Suministro, transporte y siembra de árbol h > 80 cm. Incluye insumos, mano de obra, excavación, abono, herramientas, transporte y todo lo necesario para la correcta siembra.

Para esta actividad rige lo estipulado en la especificación particular 15.2 (Suministro, transporte y siembra de árbol h > 80 cm. Incluye insumos, mano de obra, excavación, abono, herramientas, transporte y todo lo necesario para la correcta siembra.)

ITEM DE PAGO:

15.2 Suministro, transporte y siembra de árbol h > 80 cm. Incluye insumos, mano de obra, excavación, abono, herramientas, transporte y todo lo necesario para la correcta siembra. (Und)

ITEM 14.2 Suministro, transporte e instalación de Bordillo barrera recto 15x45x80 prefabricado.

Para esta actividad rige lo estipulado en el Artículo 672-22 (Bordillos en concreto) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carretera 2022 del INVIAS.

Esta actividad comprende el Suministro, transporte e instalación de Bordillo barrera recto 15x45x80 prefabricado.

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.

ITEM DE PAGO:

14.2 Suministro, transporte e instalación de Bordillo barrera recto 15x45x80 prefabricado.

ITEM 15.2 Suministro, transporte y siembra de árbol h > 80 cm. Incluye insumos, mano de obra, excavación, abono, herramientas, transporte y todo lo necesario para la correcta siembra.

Para esta actividad rige lo estipulado en la especificación particular 15.2 (Suministro, transporte y siembra de árbol h > 80 cm. Incluye insumos, mano de obra, excavación, abono, herramientas, transporte y todo lo necesario para la correcta siembra.)

ITEM DE PAGO:

15.2 Suministro, transporte y siembra de árbol h > 80 cm. Incluye insumos, mano de obra, excavación, abono, herramientas, transporte y todo lo necesario para la correcta siembra. (Und)

ITEM 15.12 Tala, cargue y retiro de árboles, bajo cualquier condición, altura entre 5.0 a 10m (5 < h <= 10) y DAP mayor de 10 cm. Incluye trozado, retiro de raíces completo, cargue, transporte y disposición del material resultante.

Para esta actividad rige lo estipulado en la especificación particular 15.12 (Tala, cargue y retiro de árboles, bajo cualquier condición, altura entre 5.0 a 10m (5 < h <= 10) y DAP mayor de 10 cm. Incluye trozado, retiro de raíces completo, cargue, transporte y disposición del material resultante.)

ITEM DE PAGO:

15.12 Tala, cargue y retiro de árboles, bajo cualquier condición, altura entre 5.0 a 10m (5 < h <= 10) y DAP mayor de 10 cm. Incluye trozado, retiro de raíces completo, cargue, transporte y disposición del material resultante. (m2)

ITEM 15.13 Tala, cargue y retiro de árboles, bajo cualquier condición, altura entre 10.0 a 15.0 m (10< h <= 15) y DAP mayor de 10 cm. Incluye trozado, retiro de raíces completo, cargue, transporte y disposición del material resultante.

Para esta actividad rige lo estipulado en la especificación particular 15.13 (Tala, cargue y retiro de árboles, bajo cualquier condición, altura entre 10.0 a 15.0 m (10< h <= 15) y DAP mayor de 10 cm. Incluye trozado, retiro de raíces completo, cargue, transporte y disposición del material resultante.)

ITEM DE PAGO:

15.13 Tala, cargue y retiro de árboles, bajo cualquier condición, altura entre 10.0 a 15.0 m (10< h <= 15) y DAP mayor de 10 cm. Incluye trozado, retiro de raíces completo, cargue, transporte y disposición del material resultante. (Und)

ITEM 15.14 Tala, cargue y retiro de árboles, bajo cualquier condición, altura mayor de 15.0 m (15 < h <= 20) y DAP mayor de 10 cm. Incluye trozado, retiro de raíces completo, cargue, transporte y disposición del material resultante.

Para esta actividad rige lo estipulado en la especificación particular 15.14 (Tala, cargue y retiro de árboles, bajo cualquier condición, altura mayor de 15.0 m (15 < h <= 20) y DAP mayor de 10 cm. Incluye trozado, retiro de raíces completo, cargue, transporte y disposición del material resultante.)

ITEM DE PAGO:

15.14 Tala, cargue y retiro de árboles, bajo cualquier condición, altura mayor de 15.0 m (15 < h <= 20) y DAP mayor de 10 cm. Incluye trozado, retiro de raíces completo, cargue, transporte y disposición del material resultante. (Und)

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

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-

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.

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.

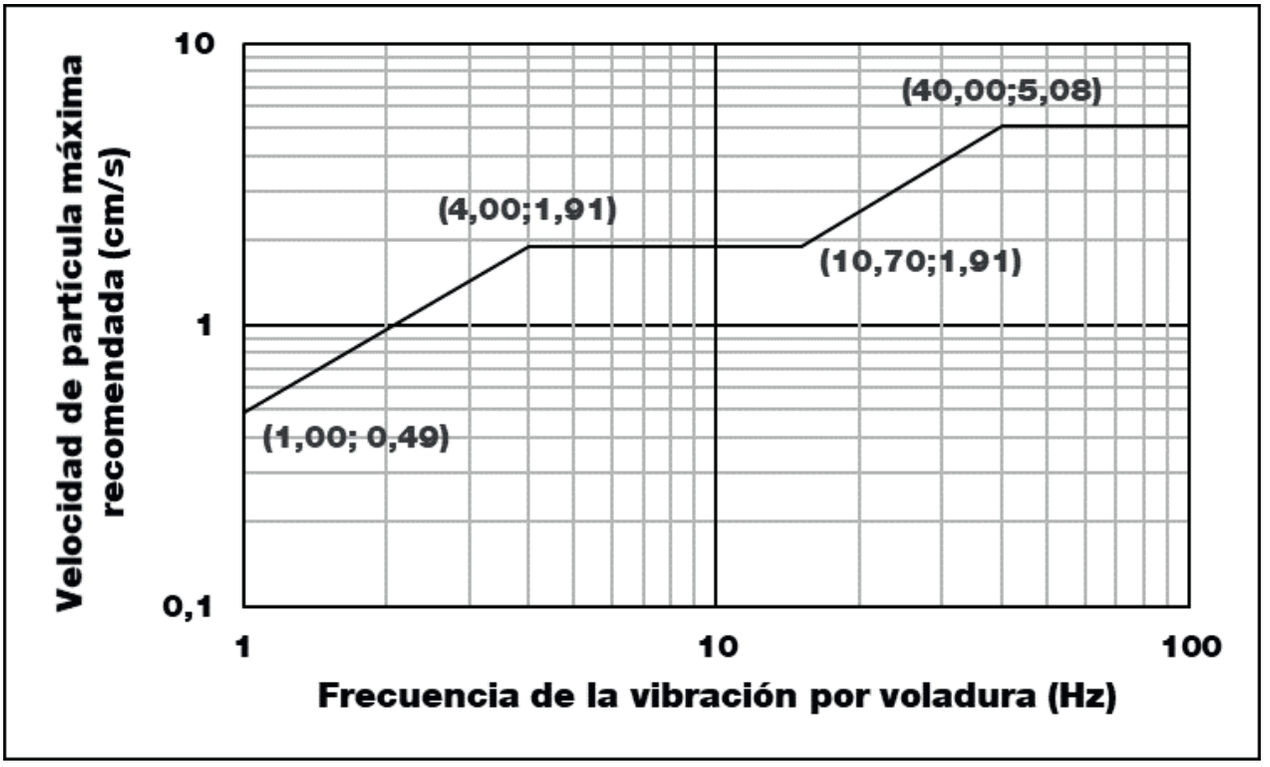


Figura 210 — 1. Velocidad de partícula máxima recomendada a partir de la frecuencia de vibración por voladura

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.

Terraplenes

Artículo 220 – 22

220.1 Descripción

220.1.1 Generalidades

Este trabajo consiste en la extensión y la compactación por capas, de los materiales cuyas características se definen en el numeral 220.2 de este artículo, en zonas de dimensiones controladas que permitan, de forma sistemática, utilizar maquinaria pesada con destino a crear una plataforma sobre la que se asiente la estructura de pavimento de una carretera, de acuerdo con los documentos del proyecto.

Su ejecución comprende las siguientes operaciones, previa ejecución de las obras de desmonte y limpieza, descapote y retiro del material inadecuado, demolición, drenaje y subdrenaje:

- Preparación de la superficie de apoyo para el relleno mediante escarificación, nivelación o compactación.
- Extensión de los materiales adecuados, de acuerdo con esta especificación para cada capa y zona del terraplén.
- Humedecimiento o secado de los materiales de la capa.
- Conformación y compactación de cada capa del terraplén.

220.1.2 Partes del terraplén

En los rellenos tipo terraplén se distinguen cuatro partes, cuya geometría es definida por el proyecto:

- Corona (capa subrasante): parte superior del terraplén en la cual se apoya la estructura de pavimento. Debe tener un espesor de cincuenta centímetros (50 cm), salvo cuando los documentos del proyecto indiquen un espesor diferente.
- Cimiento: parte inferior del terraplén en contacto con la superficie de apoyo. Debe tener un espesor mínimo de un metro (1 m) salvo cuando los documentos del proyecto indiquen un espesor diferente.
- Núcleo: parte del relleno tipo terraplén comprendida entre el cimiento y la corona.
- Espaldón: parte exterior del relleno tipo terraplén que, ocasionalmente constituye o forma parte de los taludes de este. El material del espaldón debe envolver lateralmente el núcleo protegiéndolo de los agentes externos. No forman parte del espaldón los revestimientos sin misión estructural entre los cuales se consideran plantaciones, cubierta de tierra vegetal, protecciones antierosión, etc.

220.2 Materiales

220.2.1 Requisitos de los materiales

Los materiales que se empleen para la construcción de terraplenes deben provenir de las excavaciones de la explanación, de préstamos laterales o de fuentes aprobadas por el interventor. Sus características deben estar determinadas, de acuerdo con su uso en diferentes zonas del terraplén, garantizando en todos los casos la puesta en obra en condiciones aceptables, la estabilidad de la obra y deformaciones tolerables, a corto y largo plazo para las condiciones de servicio del proyecto.

Además de los suelos naturales, se pueden utilizar en terraplenes los productos procedentes de procesos industriales o de manipulación humana, siempre que cumplan las especificaciones de este artículo y que sus características fisicoquímicas garanticen la estabilidad presente y futura del conjunto. Cuando se empleen bloques de concreto reciclado como materiales para la construcción, estos se deben reducir a un tamaño máximo de veinticinco centímetros (25 cm) y no deben tener acero protuberante en más de uno coma cinco centímetros (1,5 cm) de su superficie. En todo caso se debe aplicar lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

El transporte y almacenamiento de todos los materiales son responsabilidad exclusiva del constructor y los debe realizar, de tal forma que no sufran alteraciones que ocasionen deficiencias en la calidad de la obra, teniendo como referencia las especificaciones del proyecto o los requisitos establecidos en la presente especificación.

Se deben cumplir los requisitos establecidos en los documentos del proyecto o en caso de no estar definidos, se deben cumplir los requisitos expuestos en el numeral 220.2.2 de este artículo.

220.2.2 Clasificación de materiales

Desde el punto de vista de sus características intrínsecas, los materiales se clasifican en los siguientes tipos (todos los valores porcentuales indicados, salvo que se especifique lo contrario, se refieren a porcentaje en peso):

220.2.2.1 Suelos seleccionados

Se deben considerar suelos seleccionados aquellos que cumplen las siguientes condiciones:

- Contenido en materia orgánica inferior al cero coma dos por ciento ($MO < 0{,}2$ %), según la norma INV E-121 o UNE 103204.
- Contenido en sales solubles en agua inferior al cero coma dos por ciento ($SS < 0{,}2$ %), según la norma INV E-158.
- Tamaño máximo del agregado menor o igual a cien milímetros ($D_{máx} \leq 100$ mm) según la norma INV E-123.
- Porcentaje que pasa el tamiz de 0,425 mm (nro. 40) menor o igual al quince por ciento ($PP_{40} \leq 15$ %) según la norma INV E-123 o que en caso contrario cumpla todas las siguientes condiciones:
  - Porcentaje que pasa el tamiz de 2,00 mm (nro. 10) menor del ochenta por ciento ($PP_{10} < 80$ %) según la norma INV E-123.
  - Porcentaje que pasa el tamiz de 0,425 mm (nro. 40), menor del setenta y cinco por

ciento (PP_{40} < 75 %) según la norma INV E-123.
- Porcentaje que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) inferior al veinticinco por ciento (PP_{200} < 25 %) según la norma INV E-123.
- Límite líquido menor de treinta por ciento (LL < 30 %), según la norma INV E-125 (ver Figura 220-1).
- Índice de plasticidad menor de diez por ciento (IP < 10 %), según las normas INV E-125 e INV E-126 (ver Figura 220-1).

- Material no colapsable según la norma INV E-157, para muestra remoldeada según el ensayo normal de compactación INV E-141, y presión de ensayo de doscientos kilopascales (200 kPa).

220.2.2.2 Suelos adecuados

Se consideran suelos adecuados aquellos que no pueden ser clasificados como suelos seleccionados y que cumplen las siguientes condiciones:

- Contenido en materia orgánica inferior al uno por ciento (*MO* < 1 %), según la norma INV E-121 o UNE 103204.
- Contenido en sales solubles en agua inferior al cero coma dos por ciento (*SS* < 0,2 %), según la norma INV E-158.
- Tamaño máximo del agregado menor o igual a cien milímetros ($D_{máx}$ ≤ 100 mm) según la norma INV E-123.
- Porcentaje que pasa el tamiz de 2,00 mm (nro.10), menor del ochenta por ciento (PP_{10} < 80 %) según la norma INV E-123.
- Porcentaje que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) inferior al treinta y cinco por ciento (PP_{200} < 35 %) según la norma INV E-123.
- Límite líquido inferior a cuarenta por ciento (LL < 40 %), según la norma INV E-125 (ver Figura 220-1).
- Si el límite líquido es superior a treinta por ciento (LL > 30 %) el índice de plasticidad debe ser superior a cuatro por ciento (IP > 4 %), según las normas INV E-125 e INV E-126 (ver Figura 220-1).
- Expansión libre en edómetro inferior al dos por ciento (< 2 %), según la norma ASTM D4546.
- Material no colapsable según la norma INV E-157, para muestra remoldeada según el ensayo normal de compactación INV E-141, y presión de ensayo de doscientos kilopascales (200 kPa).

220.2.2.3 Suelos tolerables

Se deben considerar como suelos tolerables aquellos que no pueden ser clasificados como suelos seleccionados ni adecuados y que cumplen las siguientes condiciones:

- Contenido en materia orgánica inferior al dos por ciento (*MO* < 2 %), según la norma INV E-121 o UNE 103204.
- Contenido en otras sales solubles inferior al uno por ciento (*SS* < 1 %), según la norma INV E-158.
- Tamaño máximo del agregado menor o igual a ciento cincuenta milímetros ($D_{máx}$ ≤ 150 mm) según la norma INV E-123.
- Límite líquido inferior a sesenta y cinco por ciento (LL < 65 %), según la norma INV E-125 (ver Figura 220-1).
- Si el límite líquido es superior o igual a cuarenta por ciento (LL ≥ 40 %) el índice de plasticidad debe ser mayor de cero coma setenta y tres del valor resultante de la resta de veinte por ciento al límite líquido

(IP > 0,73 * (LL - 20%)) de acuerdo con las normas INV E-125 e INV E-126 (ver Figura 220-1) Por lo tanto, si el límite líquido está entre treinta por ciento y cuarenta por-ciento, (30 % ≤ LL < 40 %), el índice de plasticidad debe ser menor o igual a cuatro por ciento (IP≤ 4 %), según las normas INV E-125 e INV E-126.

- Índice de colapso inferior al uno por ciento (< 1 %), según la norma INV E-157, para muestra remoldeada según el ensayo normal de compactación INV E-141, y presión de ensayo de doscientos kilopascales (200 kPa).
- Expansión libre en edómetro inferior al tres por ciento (< 3 %), según la norma ASTM D4546.

220.2.2.4 Suelos marginales

Se deben considerar como tales los que no pueden ser clasificados como suelos seleccionados, adecuados o tolerables, por el incumplimiento de alguna de las condiciones indicadas para estos y que cumplen las siguientes condiciones:

- Porcentaje de material que pasa el tamiz de 19,0 mm (3/4 de pulgada) mayor al setenta por ciento (> 70 %) o porcentaje que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) mayor al treinta y cinco por ciento (> 35 %), según la norma INV E-123.
- Contenido en materia orgánica inferior al cinco por ciento (*MO* < 5 %), según la norma INV E-121 o UNE 103204.
- Expansión libre en edómetro inferior al cinco por ciento (< 5 %), según la norma ASTM 4546.
- Límite líquido superior o igual a cuarenta por ciento (LL ≥ 40 %). Si el límite líquido está entre cuarenta por ciento y sesenta y cinco por ciento (40 % ≤ LL < 65 %), el índice de plasticidad debe ser menor o igual a cero coma setenta y tres del valor resultante de la resta de veinte por ciento al límite líquido (IP ≤ 0,73 * (LL - 20 %)) de acuerdo con las normas INV E-125 e INV E-126. Si el límite líquido es superior a noventa por ciento (LL > 90 %), el índice de plasticidad debe ser inferior a cero coma setenta y tres del valor resultante de la resta de veinte por ciento al límite líquido (IP < 0,73 * (LL - 20 %)) de acuerdo con las normas INV E-125 e INV E-126 (ver Figura 220-1).

220.2.2.5 Suelos inadecuados

Se deben considerar suelos inadecuados:

- Los que no se puedan incluir en las categorías anteriores (ver Figura 220-1).
- Las turbas y otros suelos que contengan materiales perecederos u orgánicos.
- Los que puedan resultar insalubres para las actividades que sobre los mismos se desarrollen.

220.2.3 Empleo según zonas del terraplén

De acuerdo con las disposiciones del numeral 220.2.1 y la clasificación de materiales del numeral 220.2.2 del presente artículo, los materiales por emplear en las diferentes zonas del terraplén deben ser los siguientes, a menos que los documentos del proyecto indiquen lo contrario:

220.2.3.1 Corona

Se deben utilizar suelos adecuados o seleccionados siempre que su capacidad de soporte cumpla los requisitos técnicos del proyecto y su índice CBR, correspondiente a

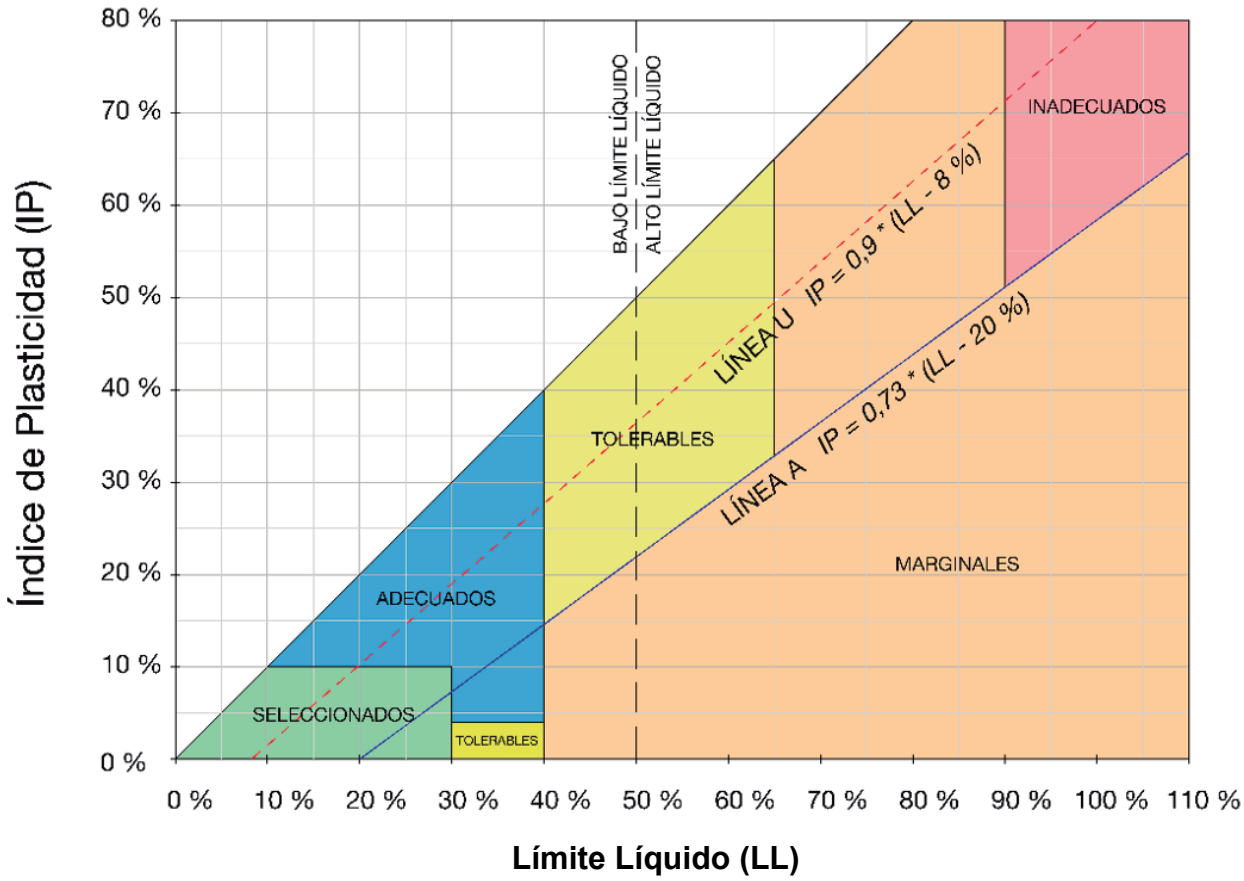


Figura 220 — 1. Criterios de clasificación de materiales según Plasticidad
Fuente: Realizada con base en Dirección General de Carreteras (2002), en Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carretera y Puentes (PG-3).

las condiciones de compactación de puesta en obra, sea como mínimo de cinco (CBR ≥ 5), según la norma INV E-148.

En esta zona no se deben usar suelos tolerables, marginales, expansivos o colapsables. Cuando bajo la corona exista material expansivo o colapsable o con contenido de sulfatos solubles, según la norma INV E-158, mayor del dos por ciento (2 %), la corona debe evitar la infiltración de agua hacia el resto del terraplén, mediante la compactación y el tipo de material o mediante la utilización de medidas complementarias.

220.2.3.2 Cimiento

En el cimiento se deben utilizar suelos tolerables, adecuados o seleccionados siempre que las condiciones de drenaje o estanqueidad lo permitan, que las características del terreno de apoyo sean adecuadas para su puesta en obra y siempre que el índice CBR, correspondiente a las condiciones de compactación de puesta en obra, sea igual o superior a tres (CBR ≥ 3), según la norma INV E-148.

220.2.3.3 Núcleo

Se deben utilizar suelos tolerables, adecuados o seleccionados, siempre que su índice

CBR, correspondiente a las condiciones de compactación de puesta en obra, sea igual o superior a tres (CBR ≥ 3), según la norma INV E-148.

La utilización de suelos marginales o de suelos con índice CBR menor de tres (CBR < 3) debe estar condicionada por problemas de resistencia, deformabilidad y puesta en obra, por lo que su empleo se debe justificar mediante un estudio especial, aprobado por el interventor, conforme a lo indicado en el numeral 220.2.4 de este artículo. La posible utilización de suelos colapsables, expansivos, con sales solubles, con materia orgánica o de cualquier otro tipo de material marginal (según la clasificación del numeral 220.2.2), se debe regir por lo indicado en el numeral 220.2.4 de este artículo.

220.2.3.4 Espaldones

Se deben utilizar materiales que satisfagan las condiciones que defina el proyecto, en cuanto a impermeabilidad, resistencia, peso estabilizador y protección frente a la erosión.

No se deben usar en estas zonas suelos marginales expansivos o colapsables, según lo definido en el numeral 220.2.4 de este artículo.

Cuando en el núcleo exista material expansivo o colapsable o con contenido de sulfatos solubles, según la norma INV E-158, mayor del dos por ciento (2 %), los espaldones deben evitar la infiltración de agua hacia el núcleo bien por la naturaleza y la compactación del material o mediante la adopción de medidas complementarias.

220.2.3.5 Materiales estabilizados

En el cimiento, núcleo y corona del terraplén, se pueden emplear materiales estabilizados o mejorados, mediante métodos técnicamente reconocidos que cuenten con especificaciones técnicas del Instituto Nacional de Vías (INVÍAS). En ausencia de ellas se puede recurrir al procedimiento indicado en el numeral 101.1 del artículo 101, Documentos de referencia y consulta, siempre y cuando los procedimientos de estabilización, mejora o secado cuenten con el aval del interventor. En todo caso, se debe verificar que se cumplan las especificaciones de desempeño de los documentos del proyecto y los requisitos de índice de CBR, expansividad y colapso descritos en los anteriores numerales. Para los materiales estabilizados o mejorados con cemento o cal se aplican, respectivamente, las disposiciones de los artículos 235, Estabilización de suelos de subrasante y terraplén con cemento, y 236, Estabilización de suelos de subrasante y terraplén con cal, de las presentes especificaciones.

220.2.4 Precauciones especiales para el uso de materiales marginales

Los suelos marginales, definidos en el numeral 220.2.2 de este artículo, se pueden utilizar en algunas zonas de la obra, siempre que su uso se justifique mediante un estudio especial, aprobado por el interventor.
Este estudio de usos de materiales marginales debe contemplar explícitamente y con detalle, al menos los siguientes aspectos:

- Determinación y valoración de las propiedades que confieren al suelo su carácter marginal.

- Influencia de dichas características en los diferentes usos del suelo dentro de la obra. Posible influencia en el comportamiento o evolución de otras zonas o elementos de la obra.
- Estudio detallado donde se indiquen las características resistentes del material y los asentamientos totales y diferenciales esperados, así como la evolución futura de estas características.
- Conclusión justificada de los posibles usos del material en estudio.
- Cuidados, disposiciones constructivas y prescripciones técnicas por adoptar para los diferentes usos del suelo dentro de la obra.

En ningún caso se deben emplear suelos marginales un metro (1 m) bajo el nivel superior de la corona o los taludes del terraplén. En los siguientes numerales se detallan algunas consideraciones sobre el uso de distintos tipos de suelos en los terraplenes.

220.2.4.1 Suelos colapsables

Se deben considerar suelos colapsables aquellos en los que una muestra remoldeada y compactada con la densidad y el contenido de agua del ensayo normal de compactación, según la norma INV E-141, sufra un asiento superior al uno por ciento (1 %) de la altura inicial de la muestra cuando se ensaye según la norma INV E-157 y presión de ensayo de doscientos kilopascales (200 kPa).

Los suelos colapsables no se deben usar en la corona ni en los espaldones. Su uso en el núcleo y en el cimiento debe estar sujeto a un estudio especial que, teniendo en cuenta la funcionalidad del terraplén, el grado de colapsabilidad del suelo, las condiciones climáticas y de niveles freáticos, defina las disposiciones y cuidados por adoptar para su uso.

Se recomienda compactar estos suelos ligeramente del lado húmedo, en relación con el contenido de agua óptimo del ensayo de compactación de referencia. No obstante, el método de compactación definitivo debe ser definido en el estudio especial aprobado por el interventor.

220.2.4.2 Suelos expansivos

Se consideran suelos expansivos aquellos en los que en una muestra remoldeada y compactada con la densidad y contenido de agua óptimos del ensayo normal de compactación, según la norma INV E-141, supere un hinchamiento libre del tres por ciento (3 %) según la norma ASTM D4546.

Los suelos expansivos así definidos, no se deben utilizar en coronación ni en los espaldones ya que en estas zonas son más pronunciadas las variaciones estacionales del contenido de agua. Si resultara inevitable su empleo en el núcleo, se debe realizar un estudio especial que defina las disposiciones y los cuidados por adoptar durante la construcción, teniendo en cuenta la funcionalidad del relleno tipo terraplén, las características de permeabilidad de la coronación y espaldones, el hinchamiento libre y las condiciones climáticas.
No se puede usar en ningún caso aquellos suelos cuyo hinchamiento libre, sea superior al cinco por ciento (5 %).

Se recomienda compactar estos suelos ligeramente del lado húmedo, en relación con el contenido de agua óptimo del ensayo de compactación de referencia. No obstante, el

método de compactación definitivo debe ser definido en el estudio especial aprobado por el interventor.

220.2.4.3 Suelos con sales solubles

La utilización de materiales con sales solubles en agua debe ser la siguiente, de acuerdo con su contenido:

- Menor del cero coma dos por ciento (0,2 %): utilización en cualquier zona del terraplén.
- Entre el cero coma dos y el uno por ciento (0,2 % — 1 %): utilización en el núcleo del terraplén, sin necesidad de tomar precauciones especiales en coronación y espaldones.
- Mayor del uno por ciento (1 %): se requiere un estudio especial, aprobado expresamente por el interventor de las obras.

220.2.4.4 Suelos con materia orgánica

El contenido de materia orgánica se debe determinar 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. En rellenos tipo terraplén de hasta cinco metros (5 m) de altura, se puede admitir en el núcleo materiales con hasta un cinco por ciento ($MO \leq 5$ %) de materia orgánica, siempre que las deformaciones previsibles se hayan tenido en cuenta explícitamente en el proyecto.

Para terraplenes de más de cinco metros (5 m) de altura, el uso de suelos con porcentaje de materia orgánica superior al dos por ciento ($MO > 2$ %) se debe justificar con un estudio especial, aprobado por el interventor.

En la corona, el contenido de materia orgánica debe ser inferior al uno por ciento ($MO < 1$ %).

220.3 Equipo

El equipo que se utilice para la construcción de terraplenes debe ser el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, conforme al programa de utilización de maquinaria, y en cumplimiento de las exigencias de la presente especificación. Es responsabilidad del constructor su selección.

Dicho equipo debe ser mantenido en óptimas condiciones de operación, durante el tiempo que dure la obra y debe ser operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo

y a criterio del interventor y por instrucción de este, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se debe suspender inmediatamente el trabajo, en tanto que el constructor corrija las deficiencias, lo remplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución, que por este motivo se ocasionen, son responsabilidad del constructor.

220.4 Ejecución de los trabajos

220.4.1 Generalidades

Los trabajos de construcción de terraplenes se deben efectuar siguiendo los procedimientos contemplados en los documentos del proyecto puestos a consideración del interventor y aprobados por este. Su avance físico se debe ajustar al programa de trabajo. Cuando los documentos del proyecto no especifiquen procedimientos se deben entender como requisitos mínimos los dispuestos en esta especificación.

Si los trabajos de construcción o ampliación de terraplenes afectan el tránsito normal en la vía o en sus intersecciones y cruces con otras vías, el constructor es responsable de tomar las medidas para mantenerlo adecuadamente.
Cuando se haya programado la construcción de las obras de arte previamente a la elevación del cuerpo del terraplén, no se debe iniciar la construcción de este antes de que las alcantarillas y los muros de contención se terminen en un tramo no menor de quinientos metros (500 m) adelante del frente del trabajo, en cuyo caso se deben concluir también, en forma previa, los rellenos de protección que tales obras necesiten.

220.4.2 Preparación del terreno

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

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

Cuando el terreno base esté limpio y drenado satisfactoriamente, se debe escarificar, conformar y compactar, de acuerdo con las exigencias de compactación definidas en la presente especificación, en una profundidad de quince centímetros (15 cm). En el caso de terraplenes cimentados sobre afirmados o pavimentos existentes, se deben escarificar al menos diez centímetros (10 cm) del material, el cual se debe reducir hasta alcanzar tamaños máximos de diez centímetros (10 cm), para luego regarse, mezclarse y compactarse. Cuando el terreno de fun-

dación sea roca o terreno rocoso, se debe fundar el terraplén directamente sobre este, en su estado natural.

En las zonas de ensanche de terraplenes existentes o en la construcción de estos sobre terreno inclinado, el talud existente o el terreno natural se debe cortar en forma escalonada, de acuerdo con los documentos del proyecto o las instrucciones del interventor, para asegurar la estabilidad del terraplén nuevo. Este procedimiento es obligatorio en pendientes transversales mayores de veinte por ciento (20 %).

Dado que las operaciones de desbroce, escarificado y escalonado de las pendientes dejan la superficie de terreno fácilmente erosionable por los agentes atmosféricos, estos trabajos no se deben llevar a cabo sino hasta el momento previsto y en las condiciones oportunas, para reducir al mínimo el tiempo de exposición, salvo que se recurra a protecciones de la superficie.

Cuando lo señale los documentos del proyecto, la capa superficial de suelo existente que cumpla lo estipulado en el numeral 220.2, se debe mezclar con el material que se va a utilizar en el terraplén nuevo.
En general y especialmente en las medias laderas donde, a corto y largo plazo, se prevea la presencia de agua en la zona de contacto del terreno con el relleno, se deben ejecutar las obras necesarias, recogidas en el proyecto, para mantener drenado dicho contacto.

Si el terraplén debe ser construido sobre turba o suelos blandos, se debe asegurar la eliminación total o parcial de estos materiales. Si lo anterior fuera impráctico, se debe considerar su tratamiento previo y consolidación, o la utilización de otro medio indicado en los documentos del proyecto o propuesto por el constructor y autorizado por el interventor, que permita mejorar la calidad del soporte, con el fin de resistir los esfuerzos debidos al peso del terraplén terminado.

Si se encuentra considerado en los documentos del proyecto, la superficie de apoyo se puede preparar tendiendo directamente sobre el suelo blando uno o varios geosintéticos, encima de los cuales se debe construir el cuerpo del terraplén. La colocación de los geosintéticos se debe realizar de conformidad con los documentos del proyecto y siguiendo las disposiciones del artículo 232, Estabilización de suelos de subrasante con geotextil.

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

220.4.3 Cuerpo del terraplén

El interventor solo debe autorizar la colocación de materiales de terraplén cuando el terreno base esté adecuadamente preparado, según se indica en el numeral 220.4.2 de este artículo.

El constructor debe colocar estacas espaciadas a no más de veinte metros (20 m) entre sí, que delimiten el pie del terraplén, dejando puntos de referencia, tanto altimétricos como

planimétricos, que permitan en cualquier momento reponer las estacas que se pierdan o deterioren.

Los suelos de escasa o nula cohesión se pueden emplear en la construcción del cuerpo del terraplén, siempre que dicho material quede confinado lateralmente con suelos cohesivos y no erosionables, y que cumplan lo estipulado para suelos seleccionados o adecuados en el numeral 220.2.2, en un ancho mínimo de un metro (1 m) medido horizontalmente desde la línea de talud hacia el cuerpo del terraplén.

El material del terraplén se debe colocar en capas sensiblemente paralelas y de espesor uniforme, el cual debe ser lo suficientemente reducido para que, con los equipos disponibles, se obtenga el grado de compactación exigido. Este espesor no debe ser mayor a treinta centímetros (30 cm) antes de la compactación, salvo que se garantice alcanzar las densidades de diseño y el interventor autorice lo contrario. En todos los casos, el espesor de la capa debe ser superior a tres medios (3/2) del tamaño máximo del material a utilizar.

Los materiales de cada capa deben ser de características uniformes. No se debe extender ninguna capa, mientras no se haya comprobado que la subyacente cumple las condiciones de compactación exigidas. Se debe garantizar que las capas presenten adherencia y homogeneidad entre sí. Cuando se trate de terraplenes nuevos, cada capa debe ser extendida y compactada a todo lo ancho de la sección transversal.

Es responsabilidad del constructor asegurar un contenido de agua que garantice el grado de compactación exigido en todas las capas del cuerpo del terraplén. En los casos especiales en que el contenido de agua del material sea considerablemente mayor que el adecuado para obtener la compactación prevista, y el exceso de agua no pueda ser eliminado por el sistema de aireación, el constructor debe proponer y ejecutar los procedimientos más convenientes para reducirlo con previa autorización del interventor.

Obtenido el contenido de agua más conveniente, se debe compactar de manera mecánica la capa. En los cimientos y los núcleos de terraplenes, las densidades secas que alcancen no deben ser inferiores a las mínimas exigidas, de acuerdo con el numeral 220.5.2.2.2.

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

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

Se debe conseguir que todo el perfil del relleno tipo terraplén quede debidamente compactado, para lo cual, se puede dar un sobreancho a la capa del orden de un metro (1 m) que permita el acercamiento del compactador al borde para después recortar el talud. Estos sobreanchos no se deben considerar en la medición de volúmenes para el pago.

Durante la ejecución de las obras, la superficie de las capas debe tener la pendiente transversal necesaria, en general en torno al cuatro por ciento (4 %), para asegurar la evacuación de las aguas sin peligro de erosión y evitar empozamientos. En terraplenes de más de cinco metros (5 m) de altura, y en todos aquellos casos en que sea previsible una fuerte erosión de la superficie exterior del relleno, se deben construir estructuras de conducción que lleven las aguas hasta bajantes dispuestas para controlar las aguas de escorrentía. Se debe proceder asimismo a la adopción de las medidas protectoras del entorno, previstas en los documentos del proyecto o indicadas por el interventor, frente a la acción, erosiva o sedimentaria, del agua de escorrentía.

Las capas susceptibles de saturarse durante la vida del relleno tipo terraplén se deben construir, de acuerdo con los documentos del proyecto, con un material en el que la granulometría impida el arrastre de partículas y en el que las deformaciones que se puedan producir al saturarse sean aceptables para las condiciones de servicio definidas en dichos documentos.

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

220.4.4 Corona del terraplén

Salvo que los documentos del proyecto o las especificaciones particulares establezcan algo diferente, la corona debe tener un espesor compacto de cincuenta centímetros (50 cm) construidos en, mínimo, dos capas, las cuales se conforman utilizando suelos seleccionados o adecuados, según lo establecido en el numeral 220.2.3. Los suelos se deben humedecer o airear según sea necesario, y se deben compactar mecánicamente hasta obtener los niveles señalados en el numeral 220.5.2.2.2.

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

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

Si las cotas finales de subrasante resultan superiores a las proyectadas, teniendo en cuenta las tolerancias de esta especificación, el constructor debe retirar, a sus expensas, el espesor en exceso. Este retiro no puede afectar desfavorablemente ni el grado de

compactación ni la pendiente transversal exigida a esta capa.

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

220.4.5 Acabado

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

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

220.4.6 Estabilidad

El constructor debe responder, hasta la aceptación final, por la estabilidad de los terraplenes construidos con cargo al contrato y debe sustituir, sin cargo para INVÍAS, cualquier tramo que, a criterio del interventor y por instrucción de este, presente defectos constructivos o deterioros atribuibles al descuido o negligencia del constructor o por causas distintas a las indicadas en el párrafo siguiente.

Si el trabajo se ha hecho adecuadamente conforme a las especificaciones, los documentos del proyecto y las instrucciones del interventor, y resultan daños causados exclusivamente por movimientos inevitables del suelo sobre el que se ha construido el terraplén, por lluvias copiosas que excedan cualquier máximo de lluvias de registros anteriores, derrumbes inevitables, terremotos, inundaciones que excedan la máxima cota de elevación de agua registrada o señalada en los planos, se deben reconocer al constructor los costos por las medidas correctivas, las excavaciones necesarias y la reconstrucción del terraplén. Estos costos no deben ser reconocidos cuando los derrumbes, hundimientos o inundaciones se deban a mala construcción de las obras de drenaje, falta de retiro oportuno de formaletas u obstrucciones derivadas de operaciones deficientes de construcción, imputables al constructor.

220.4.7 Limitaciones en la ejecución

La construcción de terraplenes solo se debe llevar a cabo cuando no haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra y la temperatura ambiente no sea inferior a dos grados Celsius (2 °C). El interventor debe tener en cuenta la influencia de las lluvias antes de aprobar el extendido y compactación del relleno.

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, se debe eliminar el espesor de las capas que, a criterio del interventor y por instrucción de este, haya sido afectado negativamente por el tránsito. No se debe permitir que, sobre las capas que han sido liberadas se acopie material fresco para ser trasladado a otras zonas del terraplén, en caso de que sea necesario, se deben extender plásticos para evitar saturación de la capa que ya ha sido recibida.

Los trabajos de construcción de terraplenes 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.

220.4.8 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las determinaciones referentes a la construcción de terraplenes deben ser tomadas considerando la conservación del ambiente y los recursos naturales, y las normas y disposiciones vigentes sobre los particulares.

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

220.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

220.5.1 Controles

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

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

220.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

220.5.2.1 Calidad de los materiales

De cada procedencia de los suelos empleados para la construcción de terraplenes y para cualquier volumen previsto, se deben tomar cuatro (4) muestras y de cada fracción de ellas se deben determinar los parámetros indicados en los numerales 220.2.2 y 220.2.3. La totalidad de los resultados debe satisfacer las exigencias señaladas en el texto, según el tipo de suelo, so pena de rechazo de los materiales deficientes.

Durante la etapa de producción, el interventor debe examinar las descargas de los materia-

les y debe ordenar el retiro de aquellas que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado.

Además, debe efectuar las verificaciones periódicas de la calidad del material que se indican en la Tabla 220 — 1.

debe ser de tres a dos (3:2) (H:V), salvo indicación distinta en los documentos del proyecto. El ancho de la plataforma del terraplén a nivel de subrasante se debe ajustar a las dimensiones establecidas en los perfiles tipo del proyecto. No obstante, se puede aceptar un sobreancho de hasta cero coma quince metros (0,15 m) respecto a la línea teórica del

Tabla 220 — 1. Verificaciones periódicas de calidad de los materiales

Característica	Norma de ensayo	Frecuencia
Granulometría	INV E-123	Una (1) vez por jornada
Contenido de materia orgánica	INV E-121/UNE 103204	Una (1) vez a la semana
Límite líquido	INV E-125	Una (1) vez por jornada
Índice de plasticidad	INV E-126	Una (1) vez por jornada
CBR de laboratorio, con expansión	INV E-148	Una (1) vez por semana
Ensayo de expansión libre en edómetro	ASTM D4546	Una (1) vez por semana (Nota)
Índice de colapso	INV E-157	Una (1) vez por mes
Densidad seca máxima	INV E-142	Una (1) vez por semana
Contenido de sales solubles	INV E-158	Una (1) vez a la semana

Nota: el ensayo de expansión libre se debe ejecutar semanalmente para caracterizar la expansión de los materiales marginales que se contemplen en el terraplén. En otros tipos de material su ejecución se puede reducir a una (1) vez al mes o suspender, previa aprobación del interventor.

220.5.2.2 Calidad del producto terminado

220.5.2.2.1 Acabado

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

Los taludes terminados no deben acusar irregularidades a la vista.

Los taludes de los terraplenes deben tener una inclinación uniforme, la que en general

talud, medido perpendicularmente al plano de este. En el caso de terraplenes construidos con material rocoso, dicho sobreancho puede ser el doble del anteriormente señalado. Cuando el tamaño máximo del material rocoso no permita cumplir lo anterior, se acepta un sobreancho mayor que cero coma treinta metros (0,30 m), pero en ningún caso, superior a cero coma cincuenta metros (0,50 m). Los taludes terminados deben quedar libres de protuberancias y depresiones, deben presentar una superficie uniforme y estéticamente aceptable, y deben ser aprobados por el interventor. Los sobreanchos constructivos

necesarios no deben ser objeto de pagos adicionales y su ejecución se debe hacer por cuenta y riesgo del constructor.

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

La cota de cualquier punto de la subrasante en terraplenes, conformada y compactada, no debe variar en más de treinta milímetros (30 mm) de la cota proyectada, medida verticalmente hacia abajo, y en ningún caso la cota de subrasante puede superar la cota del proyecto.

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

En adición a lo anterior, se deben efectuar las siguientes comprobaciones.

220.5.2.2.2 Compactación

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

- Quinientos metros (500 m) de capa compactada en el ancho total del terraplén.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2) en el caso de las capas de la corona o cinco mil metros cuadrados (5 000 m^2) en el resto de las capas si el terraplén tiene menos de cinco metros (5 m) de altura y de diez mil metros cuadrados (10 000 m^2) en caso contrario.
- El volumen construido con el mismo material, del mismo corte o préstamo y colocado y compactado con los mismos equipos, en una jornada de trabajo.

Los sitios para la determinación de la densidad seca de cada capa de terraplén en el terreno se 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 terraplén, 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:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,máx}} * 100 \qquad [220.1]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,máx}} * 100 \qquad [220.2]$$

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.

Los documentos del proyecto, o en su defecto el interventor, deben definir el ensayo de referencia para obtener el peso unitario seco en las diferentes zonas del terraplén entre el ensayo INV E-141 y el INV E-142. En caso de omisión, se debe considerar como ensayo de referencia el INV E-142. Sin embargo, cuando se compacten suelos expansivos, se aconseja el uso del ensayo INV E-141.

Cuando se emplee el ensayo INV E-142 los criterios de aceptación deben ser los siguientes:

$$GC_l\ (90) \geq 90{,}0\ \%$$
(*Cimiento, espaldones y núcleo*) **[220.3]**

$$GC_l\ (90) \geq 95{,}0\ \%\ (Corona)$$ **[220.4]**

Cuando se emplee el ensayo INV E-141 los criterios de aceptación deben ser los siguientes:

$$GC_l\ (90) \geq 95{,}0\ \%$$
(*Cimiento, espaldones y núcleo*) **[220.5]**

$$GC_l\ (90) \geq 100{,}0\ \%\ (Corona)$$ **[220.6]**

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 debe calcular 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 se deben compactar nuevamente hasta obtener el valor de la densidad seca especificada.

220.5.2.2.3 Irregularidades

Todas las irregularidades que excedan las tolerancias de la presente especificación deben ser corregidas por el constructor, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta ser aprobadas por este.

220.5.2.2.4 Protección de la corona del terraplén

La corona del terraplén no debe quedar expuesta a las condiciones atmosféricas. Por tanto, se debe construir en forma inmediata la capa superior proyectada una vez terminada su compactación y acabado final. Es responsabilidad del constructor la reparación de cualquier daño a la corona del terraplén, por la demora en la construcción de la capa siguiente.

De ser necesario, el constructor puede proteger la corona del terraplén mediante la compactación de treinta centímetros (30 cm) de material adicional sobre la corona, previa autorización del interventor, sin costo adicional para INVÍAS. Este material debe cumplir los mismos requisitos del material de la corona y debe ser provisto y removido por el constructor bajo su cuenta y riesgo.

220.6 Medida

La unidad de medida para los volúmenes de terraplenes debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1), de material compactado, aceptado por el interventor, en su posición final. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

Todos los terraplenes se deben medir por los volúmenes determinados, con base en las áreas de las secciones transversales del proyecto localizado, verificadas por el interventor antes y después de ser ejecutados los trabajos de terraplenes. Dichas áreas deben estar limitadas por las siguientes líneas de pago:

- Las líneas del terreno (terreno natural descapotado, afirmado existente, cunetas y taludes existentes).
- Las líneas del proyecto (subrasante o límite inferior de la subbase, cunetas y taludes proyectados).

No debe haber medida ni pago para los terraplenes por fuera de las líneas del proyecto, efectuados por el constructor, ya sea por negligencia o por conveniencia para la operación de sus equipos.

Los rellenos con materiales sobrantes de excavación o de derrumbes que se coloquen sobre taludes de terraplenes terminados no se deben medir; su conformación y compactación debe ser cubierta con los artículos 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos; y 211, Remoción de derrumbes. No se deben medir los terraplenes que se efectúen en trabajos de zonas laterales y las de préstamo y desecho.

No se deben medir los terraplenes que haga el constructor en sus caminos de construcción y obras auxiliares que no formen parte de las obras del proyecto.
Tampoco se deben medir, ni deben ser objeto de pago, los rellenos que sean necesarios para restituir la explanación a las cotas proyectadas, debido a un exceso de excavación.

220.7 Forma de pago

El trabajo de terraplenes se debe pagar al precio unitario del 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, nivelación, conformación, compactación y demás trabajos preparatorios de las áreas en donde se haya de construir un terraplén nuevo; debe cubrir, además, colocación, conformación, humedecimiento o secamiento y compactación de los materiales utilizados en la construcción de terraplenes y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de los terraplenes, de acuerdo con esta especificación, los documentos del proyecto y las instrucciones del interventor.

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

Debe haber pago separado para los diversos ítems relacionados con el desmonte y la limpieza, demolición y remoción, los cortes de los taludes en media ladera y de los terraplenes por ampliar y el drenaje de las áreas que reciben terraplenes, establecidos en los artículos 200, Desmonte y limpieza; 201, Demolición y remoción; 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos; 600, Excavaciones varias; y 673, Subdrenes con geotextil y material granular.

También debe haber pago separado para los trabajos de empradización de los taludes de los terraplenes conforme se indica en el artículo 810, Protección vegetal de taludes, para los materiales estabilizados o mejorados con cemento o cal de acuerdo a lo dispuesto en los artículos 235 y 236, así como para el suministro y colocación de los geosintéticos a los cuales se hace referencia en el numeral 220.4.2, los cuales se pagan, de acuerdo con la especificación particular establecida para ello.

Los materiales para los terraplenes y su transporte se deben medir y pagar de acuerdo con lo indicado en los artículos 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos; y 900, Transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes, respectivamente.

Salvo que los documentos del proyecto indiquen lo contrario, se debe aplicar el mismo precio unitario a todas las partes del terraplén.

220.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
220.1	Terraplenes	Metro cúbico (m^3)

Estabilización de suelos de subrasante y terraplén con cemento

Artículo 235 – 22

235.1 Descripción

Este trabajo consiste en la estabilización, en sitio o en planta, de los suelos de subrasante y terraplén, mediante su mezcla homogénea con cemento hidráulico, de acuerdo con las dimensiones, los alineamientos y las secciones indicados en los documentos del proyecto.

Para la estabilización de suelos, se deben definir tramos homogéneos que permitan garantizar los diseños de mezcla, los procesos constructivos y el control de calidad de la obra.

235.2 Materiales

235.2.1 Suelos

Los suelos que se van a estabilizar con cemento hidráulico pueden resultar de la combinación de gravas, arenas, limos y arcillas, existentes o provenientes de zonas de préstamo, siempre y cuando estos no presenten altos contenidos de materia orgánica o sales en cantidades perjudiciales que afecten su desempeño.

La caracterización del suelo debe tener como objetivo obtener una mezcla económica y un buen desempeño estructural, en términos de la cantidad de cemento.

Los suelos, para su estabilización con cemento, deben cumplir los requisitos generales que se indican en la Tabla 235 — 1. Los documentos del proyecto pueden establecer requisitos adicionales para los suelos por estabilizar con cemento.

Tabla 235 — 1. Requisitos de suelos para la estabilización de suelos con cemento

Característica	Norma de ensayo	Requisito
Composición (F)		
Material que pasa el tamiz de 4,75 mm (nro. 4) (%)	INV E-213	Reportar
Material que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) (%)	INV E-214	Reportar
Limpieza (F)		
Límite líquido (%)	INV E-125	Reportar
Límite plástico (%)	INV E-126	Reportar
Contenido de materia orgánica, máximo (%). (Nota 1)	INV E-121/UNE 103204	2

Característica	Norma de ensayo	Requisito
Características químicas (O)		
Proporción de sulfatos, expresada como $SO_4^=$, máximo (%)	INV E-233/UNE 103201	0,9 (Nota 2)

Nota 1: se pueden estabilizar suelos con contenido de materia orgánica entre dos y tres por ciento (2 % – 3 %) cuando la viabilidad de su estabilización sea demostrada mediante un estudio específico aprobado por el interventor y validado en la fase experimental. El ensayo de contenido de materia orgánica se puede realizar mediante la norma INV E-121 o la UNE 103204.

Nota 2: la utilización de suelos con sulfatos solubles puede dar lugar a hinchamientos por la formación de ettringita secundaria y otros compuestos. Cuando en las características geológicas de la zona, hayan dificultades para disponer de suelos o materiales locales con contenidos de sulfatos solubles iguales o superiores a cero coma nueve por ciento (0,9 %), se requiere la realización de un estudio específico de aptitud de uso:

- El valor de expansión volumétrica de suelo estabilizado después de siete días (7 d) de inmersión en agua, debe ser inferior al cinco por ciento (5 %), de acuerdo con la norma UNE-EN 13286-49.
- Se debe cumplir, además, que la resistencia a la tracción indirecta, norma UNE-EN 13286-42 (o NTC 722), sea mayor o igual a cero coma dos megapascales (0,2 MPa).

235.2.2 Cemento

Los documentos del proyecto deben establecer el tipo de cemento por utilizar, teniendo en cuenta las recomendaciones del artículo 501, Suministro de cemento hidráulico, o de la NTC 4050. La selección se debe acompañar de la definición de los procesos de colocación y compactación que garanticen la adecuada disposición y curado de las capas, los cuales deben ser confirmados y aprobados por el interventor en la fase experimental.

El constructor debe presentar los resultados de todos los ensayos físicos y químicos relacionados con el cemento, como parte del diseño de la mezcla.

Si por alguna razón el cemento ha fraguado parcialmente o contiene terrones del producto endurecido, no debe ser utilizado. Tampoco se debe permitir emplear cemento extraído de bolsas usadas en jornadas anteriores.

235.2.3 Agua

El agua que se requiera para la estabilización con cemento debe ser limpia y libre de cantidades apreciables de aceites, ácidos, álcalis, azúcares, materia orgánica y cualquier otra sustancia perjudicial que pueda afectar al cemento. Así mismo, el agua no debe afectar negativamente el fraguado, el endurecimiento y el comportamiento de la mezcla. El agua utilizada en la mezcla debe cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 235 — 2.

Tabla 235 — 2. Requisitos del agua no potable para la estabilización de suelos con cemento

Característica	Norma de ensayo ASTM	Requisito
pH, mínimo	D1293	5,5
Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^=$, máximo (kg/m^3)	D516	1,0

235.2.4 Aditivos

Los documentos del proyecto pueden establecer el uso de aditivos para obtener la trabajabilidad adecuada, mejorar las características de la mezcla o mejorar el comportamiento esperado de la mezcla; para su uso, se recomienda una especificación particular para el aditivo que tenga en cuenta:

1. Establecimiento de las condiciones de humedad relativa, temperatura media y viento de la zona de los trabajos.

2. Clasificación del aditivo según el tipo de procesos de estabilización; los tipos de procesos de estabilización son:

   - Sistemas de transporte coloidal (STC)
   - Estabilización suelo-polvo de roca (SPR)
   - Estabilización por medio de enzimas (ENZ)
   - Estabilización electromecánica de suelos (EQS)
   - Estabilización a través de bases orgánicas (BO)
   - Estabilizaciones con adiciones a suelos cemento (ASC)

3. Ejecución de ensayos (laboratorio y/o in situ) y análisis de resultados que demuestren que los aditivos cumplen la función prevista con los materiales.

4. Determinación de las dosificaciones de la fórmula de trabajo y metodología de puesta en obra.

5. Con base en los resultados de laboratorio de la fase exploratoria, determinación del módulo de rigidez estimado (*Ee*) de la capa estabilizada.

El empleo de aditivos retardadores de fraguado es obligatorio cuando se prevea que la temperatura ambiente durante la construcción de la capa estabilizada sea mayor a treinta grados Celsius (30 °C), salvo que el interventor, con base en los resultados de ensayos realizados para obtener la fórmula de trabajo, apruebe la construcción convencional sin uso de aditivos.

Para la ejecución de los trabajos, el constructor debe constatar y establecer la fecha de vencimiento de los aditivos. Por ningún motivo se pueden aplicar aditivos que se encuentren vencidos.

Luego de ejecutados los trabajos, se deben realizar ensayos a muestras extraídas *in-situ* de la capa estabilizada que determinen el módulo de rigidez obtenido (*Eo*) de la capa estabilizada, con el propósito de verificar y documentar el grado de mejora logrado.

235.2.5 Del suelo estabilizado para rellenos de terraplén

En los documentos del proyecto o durante la ejecución de la obra se puede determinar la necesidad de estabilización de materiales usados para la formación de rellenos tipo terraplén cuando, como resultado de la caracterización de los materiales efectuada, se incumpla con alguno de los criterios establecidos en el artículo 220, Terraplenes, pero se cumplan los establecidos en la Tabla 235 — 3. En este caso, la estabilización debe tener alguno de los siguientes objetivos:

- Disminución del potencial expansivo y de contracción del suelo a nivel medio para cuerpo de terraplén y nivel bajo para corona respectivamente, de acuerdo con los requerimientos de la norma INV E-132.
- Aumento de la resistencia medida a través del CBR y reducción del potencial de expansión, a través de la norma INV E-148.
- Reducción del potencial de colapso del suelo medido a través de la norma INV E-157.

En tal caso, deben ser aplicables, la definición de las partes de un terraplén, los requisitos de acabado y las demás descritas en el artículo 220.

Cuando así se determine, los materiales estabilizados con cemento que se empleen en la construcción de los terraplenes deben cumplir los requisitos indicados en la Tabla 235 — 3.

Tabla 235 — 3. Características del material para terraplén estabilizado con cemento

Característica	Norma de ensayo	Cimiento y núcleo	Espaldones y corona
Valor de azul de metileno, máximo (g/kg).	INV E-235	40	40
Límite líquido, máximo (%). (Nota 1).	INV E-125	40	40
Límite de contracción, Método de Parafina, mínimo (%).	INV E-129	13	13
Contenido mínimo de cemento (%). (Nota 2).	INV E-617	2	2
Característica	**Norma de ensayo**	**Cimiento y núcleo**	**Espaldones y corona**
CBR de laboratorio cuatro días (4 d) sumergido, mínimo (%). Los valores de CBR indicados corresponden a la densidad mínima exigida en el numeral 235.5.3.1 de esta especificación.	INV E-148	6	6
Expansión libre en edómetro, máximo (%).	ASTM D4546	1,5	No expansivo
Índice de colapso, máximo (%). El espécimen se debe fabricar con la densidad mínima exigida en el numeral 235.5.3.1. de esta especificación y con el contenido de agua correspondiente en el lado seco de la curva de compactación.	INV E-157/ ASTM D4546	0,5	No colapsable

Nota 1: cuando el límite líquido sea mayor al treinta por ciento (30 %) el índice de plasticidad debe ser mayor a cuatro (4).

Nota 2: el contenido mínimo de cemento se puede disminuir hasta uno coma cinco por ciento (1,5 %) siempre que se justifique adecuadamente, se compruebe en el tramo de prueba con los medios y equipos que se vayan a emplear en la obra, y se cuente con la autorización del interventor.

235.3 Equipo

Para la ejecución de los trabajos de estabilización se deben emplear equipos mecánicos, que pueden ser independientes, o equipos que realicen dos o más operaciones. En general, el equipo que se utilice para la construcción de capas estabilizadas debe ser el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto, en la cantidad suficiente para producir el volumen establecido, conforme a los resultados de los tramos de prueba, y es responsabilidad del constructor su selección. Dicho equipo se debe mantener en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que dure la obra y debe ser operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo y a criterio del interventor y por instrucción de este, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se debe suspender inmediatamente el trabajo, hasta que el constructor corrija las deficiencias, lo reemplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución son responsabilidad del constructor.

El constructor debe emplear en la obra el tipo de equipo señalado en los documentos del proyecto. Si estos documentos no definen el equipo, se debe usar una máquina de tambor rotatorio y cámara de mezclado como mínima categoría de equipo.

235.4 Ejecución de los trabajos

235.4.1 Diseño de la mezcla y determinación de la fórmula de trabajo

235.4.1.1 Diseño de la mezcla

El diseño de la mezcla se debe ajustar al propósito de estabilización de suelos, de acuerdo con las características requeridas del suelo.

Los documentos del proyecto establecen los criterios de diseño de mezcla, dentro de los cuales pueden estar los citados en la Tabla 235 — 4.

Tabla 235 — 4. Criterios de diseño estabilización de suelos con cemento

Característica	Norma de ensayo INV
Reducción del contenido de agua	E-122
Reducción de la plasticidad	E-125 y E-126
Reducción de la expansión en prueba de CBR	E-148
Aumento de la capacidad de soporte (Nota)	E-148
Aumento de la resistencia a la compresión inconfinada	E-614

Nota: el CBR se debe medir sobre muestras sometidas previamente a cuatro días (4 d) de inmersión en agua.

235.4.1.2 Fórmula de trabajo

Si en el corredor por estabilizar existe variabilidad de zonas geotécnicas, se debe dividir en zonas homogéneas, a cada una de las cuales se debe asignar una fórmula de trabajo. El interventor debe velar por la correcta aplicación de cada una y no está facultado

para autorizar pagos adicionales cuando las labores del constructor se hayan desviado de los diseños establecidos para cada zona. El constructor debe entregar con suficiente antelación al interventor las fórmulas de trabajo para ser avaladas. No se debe permitir proceder con la estabilización sin el cumplimiento de dicho requisito.

Si la característica requerida del suelo corresponde a un aumento de la resistencia, la fórmula de trabajo establecida como resultado del diseño de la mezcla debe indicar, como mínimo, lo siguiente:

- La clasificación del suelo por estabilizar (granulometría y límites de Atterberg).
- El tipo y la marca de cemento empleado en el diseño.
- El contenido de agua del suelo inmediatamente antes de la mezcla y el de la mezcla en el momento de la compactación.
- El contenido óptimo de cemento (*CFT* %).
- El valor de densidad máxima de la mezcla, de acuerdo con lo definido en los documentos del proyecto o en su defecto lo aprobado por el interventor, con el método de ensayo INV E-141 o INV E-142.
- El porcentaje óptimo de agua para mezcla y compactación, de acuerdo con lo definido en los documentos del proyecto o en su defecto lo aprobado por el interventor, con el método de ensayo INV E-141 o INV E-142.
- CBR y expansión, de acuerdo con el método de ensayo INV E-148.
- Cada uno de los valores de todos los criterios de diseño establecidos en los documentos del proyecto.

Para los procesos de estabilización con cemento para material de terraplén, la fórmula de trabajo establecida como resultado del diseño de la mezcla debe indicar, como mínimo, lo siguiente:

- La clasificación del material de terraplén por estabilizar (granulometría y límites de Atterberg).
- El tipo de cemento empleado en el diseño.
- Propiedades físicas del cemento.
- El diseño de la mezcla debe garantizar que se cumpla la normativa del cemento a usar; para el caso colombiano, la norma NTC 121.
- El contenido óptimo de cemento (*CFT* %).
- El valor de densidad máxima de la mezcla, de acuerdo con lo definido en los documentos del proyecto o en su defecto lo aprobado por el interventor, con el método de ensayo INV E-141 o INV E-142.
- El porcentaje óptimo de agua para mezcla y compactación, de acuerdo con lo definido en los documentos del proyecto o en su defecto lo aprobado por el interventor, con el método de ensayo INV E-141 o INV E-142.
- CBR y expansión, de la mezcla de acuerdo con el método de ensayo INV E-148.
- Expansión libre de la muestra de acuerdo con la norma ASTM D4546.
- Índice de colapso de la mezcla, de acuerdo con el método de ensayo INV E-157/ASTM D4546.
- Cada uno de los valores de los diferentes criterios de diseño que se establezcan en los documentos del proyecto.

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se puede ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación. La fórmula ajustada debe satisfacer los requisitos establecidos para el diseño de la mezcla los cuales deben estar en los documentos del proyecto.

Si durante la ejecución de las obras se presentan variaciones en las características de los suelos por estabilizar, se debe requerir el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

235.4.2 Fase de experimentación

Previo al comienzo de los trabajos, el constructor debe elaborar secciones de ensayo de longitud, ancho y espesor definidos de acuerdo con el interventor, donde se debe probar el equipo y se debe determinar el método definitivo de trabajo, de manera que se cumplan los requisitos de la presente especificación.

Se deben realizar tantos tramos de experimentación y validación, como tramos homogéneos que fueron identificados en la fase de diseño, además de los que se identifiquen durante el desarrollo del proyecto.

El interventor debe tomar muestras del material estabilizado y debe decidir su conformidad en relación con las condiciones especificadas sobre disgregación, contenido de agua, espesor de la capa, proporción de cemento y demás requisitos exigidos.

Los ensayos de control de resistencia CBR e índice de colapso se deben realizar en laboratorio sobre material mezclado con cemento previo a la compactación en campo, y de acuerdo con las normas INV E-148 e INV E-157 respectivamente. Se debe descartar la evaluación de la resistencia CBR e índice de colapso de muestras tomadas al material ya compactado y curado, y posteriormente remoldeadas en laboratorio.

La compactación en laboratorio del material con cemento, para ensayos de CBR e índice de colapso, se debe realizar máximo dentro de las cuarenta y ocho horas (48 h) posteriores a la finalización del proceso de mezclado.

En caso de que los ensayos indiquen que el material estabilizado no se ajusta a dichas condiciones, el constructor debe hacer inmediatamente todas las modificaciones necesarias y, si fuese preciso, modificar el diseño, repitiendo las secciones de ensayo una vez efectuadas las correcciones, hasta que ellas resulten aprobadas por el interventor sin que con ello se afecten los tiempos y plazos del proyecto. Los tramos que no cumplan deben ser retirados a costo del constructor.

Tanto el constructor como el interventor deben emitir un informe con los resultados de la fase de experimentación y validación, y su cumplimiento como requisito para el inicio de la fase de construcción.

En cada tramo de experimentación y validación, deben quedar definidos los siguientes aspectos:

- Para estabilización en el sitio de obra.
  - Escarificación de los suelos para estabilización en el sitio (espesor y tipo de material).
  - Metodología de aplicación del cemento de acuerdo con la condición planteada en la fase de experimentación.
  - Homogeneidad de la mezcla.

- Para mezcla en planta mediante bachadas de prueba.
  - Gradación del material mezclado.
  - Tiempos de producción.
  - Método y tiempo de transporte de la mezcla hasta la obra.

- Para estabilización en sitio o mezcla en planta.
  - Equipos y metodología para el perfilado.
  - Metodología para el ajuste del contenido de agua.
  - Metodología para la compactación.
  - Juntas de trabajo.
  - Metodología para el curado de la capa compactada.
  - Tiempo de apertura al tránsito.
  - Limitaciones en la ejecución.

Todos los trabajos descritos en los numerales siguientes se deben realizar de acuerdo con lo aprobado en la fase de experimentación y validación, para cada uno de los tramos homogéneos definidos en la etapa de diseño o de construcción.

235.4.3 Preparación de la superficie a intervenir

Antes de dar inicio a los trabajos de estabilización, se debe verificar que todo el personal cuente con la dotación y elementos de seguridad industrial de conformidad con el artículo 102, Aspectos generales de seguridad y salud. Además, se debe asegurar el control adecuado del tránsito, así como colocar los dispositivos de seguridad transitorios que sean necesarios, de acuerdo con lo indicado en el artículo 105, Desarrollo de los trabajos.

La conformación de la capa se debe ejecutar acomodándose a las dimensiones de la sección existente en la carretera, las nuevas secciones transversales indicadas en los documentos del proyecto o siguiendo otras disposiciones aprobadas por el interventor.

Se debe considerar que los materiales para la estabilización se disponen de conformidad con el espesor de diseño, teniendo en cuenta la reducción de espesor que se produce después de mezclar y compactar la capa para tomar las medidas necesarias que garanticen su correcta ejecución. Adicionalmente, antes de extender el suelo de aportación se debe comprobar que la superficie subyacente tenga la densidad exigida y las rasantes indicadas en los documentos del proyecto.

Previamente se debe remover el material orgánico o deteriorado, las raíces, la basura y los agregados mayores de setenta y cinco milímetros (75 mm).

Antes de proceder con los trabajos de disgregación de los suelos, es de tenerse en cuenta que, de acuerdo con los documentos del proyecto o las indicaciones del interventor, se deben garantizar los equipos idóneos para que el material que sea escarificado se pueda conformar en camellones o colchones adecuados para efectuar la mezcla.

235.4.4 Disgregación de los suelos

Antes de aplicar el cemento, el suelo se debe disgregar con el equipo definido en los documentos del proyecto en el ancho y espesor suficientes que permitan obtener la sección compactada indicada en estos documentos. El suelo disgregado no debe contener elementos ni terrones de tamaños superiores a ochenta milímetros (80 mm). Una vez disgregado el suelo de subrasante, este se debe conformar a la sección transversal de la calzada, con el empleo de motoniveladora.

La superficie sobre la que se debe colocar la capa estabilizada no debe presentar irregularidades, por lo que se deben reparar satisfactoriamente los baches existentes.

Debido a eventuales factores externos que alteren el contenido de agua de la capa a estabilizar, se debe garantizar el cumplimiento del intervalo de tolerancia del contenido de agua del suelo inmediatamente antes de la aplicación del cemento y de su mezclado, de acuerdo con lo definido en la fórmula de trabajo, mediante el humedecimiento o el secado homogéneo del suelo disgregado.

La longitud de calzada disgregada no debe exceder la que se pueda tratar y compactar de acuerdo con esta especificación en dos días (2 d) de trabajo, salvo autorización escrita del interventor.

Al final de cada día de trabajo se debe dejar la superficie del suelo con una pendiente positiva y se debe proporcionar una junta de construcción de acuerdo con el numeral 235.4.8 para unirla al suelo estabilizado existente.

235.4.5 Aplicación del cemento

235.4.5.1 Aplicación del cemento en polvo

El cemento se puede aplicar en bolsas o a granel. En cualquier caso, se debe esparcir sobre el suelo disgregado empleando el procedimiento aceptado por el interventor durante la fase de experimentación, de manera que se esparza la cantidad requerida según el diseño más la cantidad prevista por desperdicios, a todo lo ancho de la capa por estabilizar. Durante la aplicación del cemento, el contenido de agua del material no puede ser superior al definido durante el proceso de diseño como adecuado para lograr una mezcla íntima y uniforme del material con el cemento. Sobre el cemento esparcido solo se debe permitir el tránsito del equipo que lo va a mezclar con el suelo.

El cemento solo se debe extender en la superficie que pueda quedar terminada en la jornada de trabajo.

235.4.5.2 Aplicación del cemento en forma de lechada

La lechada de cemento se debe elaborar con un mezclador apropiado en proporciones aproximadas en masa de sesenta y cinco por ciento (65 %) de agua y treinta y cinco por ciento (35 %) de cemento, con una anticipación no mayor a treinta minutos (30 min) de su utilización.

La lechada de cemento se debe añadir al suelo en forma simultánea con la ejecución de la mezcla con el suelo por estabilizar.

Antes de iniciar los trabajos se deben purgar y poner a punto las bombas y los dispersores de agua y de lechada, fuera del lugar de empleo, para garantizar las cantidades establecidas en la fórmula de trabajo de manera continua y uniforme. Se debe realizar la limpieza de los difusores durante cada parada del equipo y como mínimo, dos (2) veces al día. En el caso de la aplicación del cemento en seco, se deben coordinar adecuadamente los avances de los procesos de dosificación y de mezcla del estabilizante, sin que exista entre ambos un desfase superior a veinte metros (20 m).

235.4.6 Elaboración de la mezcla

Se puede emplear el mezclado en acopio, en planta o en vía de acuerdo con lo siguiente:

235.4.6.1 Mezclado en acopio

El material aprobado para su uso conforme a los requisitos de la Tabla 235 — 1 se debe dosificar con la cantidad de cemento definido, de acuerdo con el diseño en peso del material suelto.

El mezclado inicial se debe hacer con un equipo adecuado, para garantizar la obtención de una mezcla homogénea, según se haya definido en la fase previa de experimentación. Posteriormente este material se debe transportar y mezclar nuevamente en la vía para terminar la disgregación del material y lograr una mezcla homogénea.

Durante la aplicación del cemento, el contenido de agua del material solo puede variar, más o menos, el uno por ciento (± 1 %) del definido como adecuado para lograr una mezcla íntima y uniforme del material con el cemento.

235.4.6.2 Mezclado en planta

En dicho caso, se debe usar una planta continua con equipos que aseguren la homogeneidad de la mezcla. El transporte de la mezcla a la obra se debe realizar en volquetas estancas y cubiertas.

La planta debe permitir dosificar por separado el material, suministrar el cemento y el agua en las proporciones y con las tolerancias fijadas en la fórmula de trabajo.

Las tolvas para los materiales deben tener paredes resistentes y estancas, y bocas de anchura suficiente para que su alimentación se efectúe correctamente. Deben estar provistas de una rejilla que permita limitar el tamaño máximo, así como de un rebosadero u otro sistema que evite un exceso de contenido. Se deben evitar contaminaciones entre las tolvas y estas deben estar provistas a su salida de dispositivos ajustables de dosificación.

Durante la aplicación del cemento, el contenido de agua del material solo puede variar, más o menos, el uno por ciento (± 1 %) del definido como adecuado para lograr una mezcla íntima y uniforme del material con el cemento.

235.4.6.3 Mezclado en vía

Inmediatamente después de ser esparcido el cemento en polvo o simultáneamente con la adición del cemento en forma de lechada, se debe efectuar la mezcla, empleando el equipo aprobado, en el espesor establecido en los documentos del proyecto. El número de pasadas depende del equipo utilizado y debe ser el necesario para garantizar la obtención de una mezcla homogénea, según se haya definido en la fase previa de experimentación. En caso de que se requiera, se debe añadir el agua faltante y se continúa mezclando hasta que la masa resultante presente completa homogeneidad.

Durante la aplicación del cemento, el contenido de agua del material solo puede variar, más o menos, el uno por ciento (± 1 %) del definido como adecuado para lograr una mezcla íntima y uniforme del material con el cemento.

235.4.7 Compactación

La compactación de la mezcla se debe realizar de acuerdo con el plan propuesto por

el constructor y aprobado por el interventor durante la fase previa de experimentación. Los trabajos de compactación deben ser terminados en un lapso no mayor de dos horas (2 h) desde el inicio de la mezcla.

Las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitan el empleo del equipo de mezcla y compactación aprobado durante la fase de experimentación, se deben compactar con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación. Una vez terminada la compactación, la superficie se debe mantener húmeda hasta que se aplique el riego de curado.

El material extendido se debe compactar hasta alcanzar el grado de compactación indicado en los documentos del proyecto o aprobado por el interventor.

Entre las sucesivas pasadas longitudinales del equipo de estabilización para tratar toda la sección transversal, se debe producir un solape transversal que evite la existencia de zonas insuficientemente estabilizadas o la acumulación de segregaciones. El solape se condiciona por el ancho de las máquinas y las franjas tratadas y debe estar comprendido generalmente entre quince a veinticinco centímetros (15 cm – 25 cm).

En el caso de estabilización de suelos para la formación de terraplenes, durante la ejecución de las obras, la superficie de las capas terminadas debe tener una pendiente transversal mínima de cuatro por ciento (4 %).

235.4.8 Juntas de trabajo

Las juntas entre trabajos realizados en días sucesivos se deben cuidar para proteger la capa construida cuando se vaya a esparcir y compactar la adyacente. Al término de la jornada de trabajo o cuando las operaciones de colocación se paralicen por más de dos horas (2 h) se debe formar una junta transversal perpendicular al eje de la calzada, haciendo un corte vertical en el material compactado.

Si la capa de suelo estabilizado con cemento no se construye en todo el ancho de la calzada sino por franjas, se deben disponer juntas longitudinales en corte vertical y paralelas al eje longitudinal de la calzada, mediante un procedimiento aceptable para el interventor.

Todo material producto de los cortes debe ser retirado de la obra. Las caras verticales, producto de los cortes, se deben humedecer antes de continuar con la colocación del material en áreas adyacentes.

235.4.9 Curado de la capa compactada

Terminada la conformación y la compactación de la capa de suelo estabilizada con cemento, esta se debe proteger contra pérdidas de contenido de agua por un periodo de siete días (7 d), aquel que haya sido definido en la fase experimental o hasta que el suelo estabilizado se cubra con la capa superior, mediante humedecimiento frecuente.

El tiempo de apertura al tránsito debe ser el determinado en la fase de experimentación. Cuando no existan validaciones al respecto, el tiempo de apertura debe ser igual o mayor a siete días (7 d) después de la compactación

y curado. Cuando el tiempo de apertura al tránsito sea menor a siete días (7 d), la velocidad de circulación debe ser menor a treinta kilómetros por hora (30 km/h) para evitar posibles afectaciones por abrasión.

235.4.10 Limitaciones en la ejecución

Las estabilizaciones con cemento solo se pueden llevar a cabo cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea superior a cinco grados Celsius (5 °C) y cuando no haya lluvia o temores fundados de que ella ocurra. En caso de que la mezcla sin compactar sea afectada por agua lluvia y como resultado el contenido de agua de la mezcla supere la tolerancia mencionada en el numeral 235.4.6, el constructor debe retirar la mezcla afectada y reconstruir el sector deteriorado hasta ser aprobado por el interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

Los trabajos 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.

235.4.11 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para la ejecución de la estabilización de suelos con cemento 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. 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 del cemento 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 se deben utilizar en la ejecución de los trabajos. Estos métodos deben ser presentados al interventor y aprobados por este antes de cada jornada.

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.

235.4.12 Conservación de la capa terminada

El constructor debe conservar la capa estabilizada con cemento en perfectas condiciones, hasta que se construya la capa superior prevista en los documentos del proyecto. Todo daño que se presente debe ser corregido hasta ser aprobado por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

235.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

Deben ser de estricto cumplimiento las verificaciones para el control de calidad de los materiales y la capa terminada.

235.5.1 Calidad de los materiales

235.5.1.1 Calidad de los suelos

Se deben efectuar las verificaciones periódicas indicadas en la Tabla 235 — 5. Los resultados obtenidos deben cumplir los valores establecidos en la Tabla 235 — 1.

Además, el interventor puede adelantar las pruebas adicionales que le permitan tener certeza de la calidad del material por estabilizar, de acuerdo con las exigencias de la presente especificación.

Tabla 235 — 5. Verificaciones periódicas sobre el material por estabilizar

Característica	Norma de ensayo	Frecuencia
Composición (F)		
Material que pasa el tamiz de 4,75 mm (nro. 4)	INV E-213	1 por jornada
Material que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200)	INV E-214	1 por jornada
Característica	**Norma de ensayo**	**Frecuencia**
Limpieza (F)		
Límite líquido	INV E-125	1 por jornada
Límite plástico	INV E-126	1 por jornada
Contenido de materia orgánica	INV E-121/UNE 103204	1 a la semana
Características químicas (O)		
Proporción de sulfatos del suelo a tratar, expresada como $SO_4^=$	INV E-233/UNE 103201	1 al mes

235.5.1.2 Calidad del cemento

Por cada suministro de cemento que llegue a la obra, el proveedor debe entregar un certificado de calidad donde se indiquen las propiedades del producto entregado, de acuerdo con el artículo 501 o la NTC 4050, con la finalidad de verificar la calidad del producto y establecer su aceptación o rechazo.

Las verificaciones se deben realizar conforme al numeral 501.5.2 del artículo 501. Así mismo, cuando el cemento haya superado la fecha de vencimiento establecida por el proveedor, si fuere el caso, lleve más de tres (3) meses almacenado en condiciones atmosféricas normales, o ambos, antes de su empleo, el constructor debe realizar, como mínimo, sobre una muestra representativa del cemento almacenado, sin excluir los terrones que se hubieran podido formar, los ensayos que permitan medir sus propiedades de desempeño. Si los resultados no cumplen con lo establecido en el artículo 501 o en la NTC 4050, se debe proceder a su homogenización y se deben realizar nuevos ensayos. Si no cumple, se debe proceder a su desuso y retiro de la obra.

En ambientes muy húmedos o en condiciones atmosféricas desfavorables o de obra anormales, el constructor puede reducir el plazo de tres (3) meses para la comprobación de las condiciones de almacenamiento del cemento.

Además de lo anteriormente establecido, cuando el constructor lo considere conveniente, se deben llevar a cabo ensayos adicionales para la comprobación de las características que estime necesarias.

La toma de muestras del cemento se debe realizar lo más rápido posible, para reducir al mínimo la absorción de humedad. Una vez recogida la muestra, se debe guardar en un recipiente estanco y con cierre hermético hasta su análisis.

Como alternativa, se puede realizar un tramo de prueba que permita validar la calidad del cemento almacenado.

235.5.1.3 Calidad del agua

Una vez al mes, cada vez que cambie la fuente o siempre que tenga alguna sospecha sobre la calidad del agua empleada, se debe verificar su pH y su contenido de sulfatos. Los resultados obtenidos deben cumplir los valores establecidos en la Tabla 235 — 2.

235.5.2 Calidad de la mezcla

235.5.2.1 Contenido de cemento

Para verificar la homogeneidad de la mezcla, se debe determinar el contenido de cemento mediante la norma INV E-617 o ASTM D5982 de tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 235.5.3.

El porcentaje de cemento promedio de las tres (3) muestras que representan al lote (*CPL* %), debe tener una tolerancia de cero coma tres por ciento (0,3 %), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (*CFT* %).

$$CFT\ \% - 0{,}3\ \% \leq CPL\ \% \leq CFT\ \% + 0{,}3\ \% \quad [235.1]$$

A su vez, el porcentaje de cemento de cada muestra individual (*CI* %), no debe diferir del valor promedio del lote (*CPL* %), en más de cero coma cinco por ciento (0,5 %), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$CPL\ \% - 0{,}5\ \% \leq CI\ \% \leq CPL\ \% + 0{,}5\ \% \quad [235.2]$$

Un porcentaje de cemento promedio (*CPL* %) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de

los límites, implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso de cemento, el constructor demuestre que no hay problemas de comportamiento de la capa estabilizada con cemento.

Si el lote es rechazado, el constructor debe retirar la capa y reponerla hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. La capa de reposición debe mantener las rasantes del proyecto y debe garantizar unas propiedades de capacidad y estabilidad equivalentes a las contempladas en los documentos del proyecto para la capa estabilizada. El material retirado es de propiedad del constructor.

235.5.2.2 Resistencia a la compresión inconfinada (cuando los documentos del proyecto establecen un requisito para este parámetro)

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada en la obra, se deben moldear probetas (dos por muestra) de acuerdo con la norma de ensayo INV E-141 o INV E-142, según corresponda, y teniendo en cuenta las condiciones evaluadas en la fase experimental, para verificar en el laboratorio su resistencia a la compresión simple, luego de siete días (7 d) de curado, de conformidad con un procedimiento similar al realizado durante el diseño de la mezcla. El ensayo de resistencia a la compresión inconfinada se debe ejecutar según la norma INV E-614.

La resistencia media de las cuatro (4) o más probetas que representan al lote (R_m), debe ser igual o superior al noventa y dos por ciento (92 %) de la resistencia correspondiente al diseño presentado por el constructor (R_d) y aprobado por el interventor.

$$R_m \geq 0{,}92 * R_d \quad [235.3]$$

A su vez, la resistencia de cada probeta (R_i) debe ser igual o mayor al noventa por ciento (90 %) del valor medio (R_m), y se debe admitir solo un valor individual por debajo de ese límite.

$$R_i \geq 0{,}90 * R_m \quad [235.4]$$

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se debe rechazar el lote al cual representan las muestras. Si el lote es rechazado, el constructor debe retirar la capa y reponerla hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. La capa de reposición debe mantener las rasantes del proyecto y debe garantizar unas propiedades de capacidad y estabilidad equivalentes a las contempladas en los documentos del proyecto para la capa estabilizada. El material retirado es de propiedad del constructor.

235.5.3 Calidad de la capa terminada

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 estabilizada con cemento.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2) de capa estabilizada con cemento.
- 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.

La capa terminada debe presentar una superficie uniforme y ajustada a las rasantes y las pendientes establecidas. La distancia entre

el eje del proyecto y el borde de la capa que se está construyendo, excluyendo sus chaflanes, no puede ser menor que la señalada en los documentos del proyecto. La cota de cualquier punto de la capa compactada no debe variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además, se deben realizar los siguientes controles:

235.5.3.1 Compactación

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 prueba por hectómetro. Se deben efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de los suelos estabilizados con cemento, se debe calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de compactación en el laboratorio, mediante la siguiente expresión:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,máx}} * 100 \quad [235.5]$$

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-141 o INV E-142, realizado sobre una muestra representativa del mismo.

Los documentos del proyecto deben definir el ensayo de referencia para obtener el peso unitario entre el ensayo INV E-141 y el INV E-142.

Cuando el ensayo de compactación de referencia sea el INV E-141:

GC_l (90) ≥ 98,0 % *se acepta el lote* [235.6]

GC_l (90) < 98,0 % *se rechaza el lote* [235.7]

Cuando el ensayo de compactación de referencia sea el INV E-142:

GC_l (90) ≥ 95,0 % *se acepta el lote* [235.8]

GC_l (90) < 95,0 % *se rechaza el lote* [235.9]

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; se debe calcular 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.

Si el lote es rechazado, el constructor debe retirar la capa y reponerla hasta ser aprobada

por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. La capa de reposición debe mantener las rasantes del proyecto y debe garantizar unas propiedades de capacidad y estabilidad equivalentes a las contempladas en los documentos del proyecto para la capa estabilizada. El material retirado es de propiedad del constructor.

235.5.3.2 Espesor

Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, el interventor debe determinar el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no debe ser inferior al de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad [235.10]$$

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), admitiéndose solo un valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando este valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0{,}90 * e_d \quad [235.11]$$

Si se incumple alguno de estos requisitos, se debe rechazar el lote. En este caso, el constructor debe retirar la capa y reponerla hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. La capa de reposición debe mantener las rasantes del proyecto y debe garantizar unas propiedades de capacidad y la estabilidad equivalentes a las contempladas en los documentos del proyecto para la capa estabilizada. El material retirado es de propiedad del constructor.

Opcionalmente, el interventor puede autorizar que la capa de espesor deficiente sea complementada mediante la colocación de un espesor adicional de material estabilizado de similares características que complete el espesor de diseño, siempre y cuando no se alteren los niveles de rasante del proyecto. En caso de ser autorizada, esta labor debe ser adelantada por el constructor sin costo adicional para INVÍAS.

235.5.3.3 Planicidad

La superficie acabada no debe presentar, en ningún punto, zonas de acumulación de agua ni irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm), cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), norma de ensayo INV E-793, colocada tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el interventor, los cuales no pueden estar afectados por cambios de pendiente.

Para suelos empleados para la conformación de terraplenes se aplican los requisitos de planicidad y acabado definidos en el artículo 220.
Todas las áreas de capa estabilizada con cemento donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deben ser corregidas por el constructor, de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta ser aprobadas por este, sin costo adicional para INVÍAS.

235.5.3.4 Suelos estabilizados para terraplén

Cuando el suelo de subrasante estabilizado con cemento sea usado para la conformación de terraplenes, se deben realizar los siguientes controles:

Se deben tomar muestras de material estabilizado una vez finalicen los procesos de mezclado, conformación y nivelación del material, y previo al inicio de la compactación de este.

Tabla 235 — 6. Verificaciones periódicas sobre el material de terraplén por estabilizar

Material	Norma de ensayo	Cimiento, núcleo y corona
Límite líquido	INV E-125	Una (1) vez por jornada
Índice plástico	INV E-126	Una (1) vez por jornada
Límite de contracción	INV E-127	Una (1) vez por semana
Densidad seca máxima	INV E-142	Una (1) vez por semana
Valor de azul de metileno	INV E-235	Una (1) vez por semana, cuando así se requiera
CBR de laboratorio	INV E-148	Una (1) vez por mes
Expansión libre en edómetro	ASTM D4546	Una (1) vez por mes
Índice de colapso	INV E-157	Una (1) vez por mes

Los ensayos de control de resistencia CBR e índice de colapso se deben realizar en laboratorio sobre material cuyo proceso de mezclado con el cemento haya finalizado y previo a la compactación en campo, y de acuerdo con la norma de ensayo INV E-148.

Si se requiere evaluar la resistencia del material ya colocado y compactado en campo, los ensayos anteriormente mencionados se deben realizar sobre muestras inalteradas talladas *in situ* tomando el cuidado requerido para evitar la pérdida de integridad de la muestra.

Se debe descartar la evaluación de la resistencia CBR e índice de colapso de muestras tomadas al material ya compactado y curado en el terraplén y posteriormente remoldeadas en laboratorio.

235.6 Medida

La unidad de medida debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1), de mezcla colocada y compactada, aprobada por el interventor, de acuerdo con esta especificación. El volumen se debe determinar utilizando la longitud real medida a lo largo del eje de la vía y las secciones transversales establecidas en los documentos del proyecto, previa verificación de la conformidad de su anchura y espesor con dichos documentos y dentro de las tolerancias permitidas en este artículo.

No se deben medir cantidades en exceso de las especificadas, especialmente cuando ellas se produzcan por sobreexcavaciones por parte del constructor.

Si los documentos del proyecto indican que el cemento se debe pagar por aparte, la unidad de medida debe ser el kilogramo (kg), aproximado al kilogramo entero, incorporado en la mezcla, debidamente aceptada por el interventor.

En este caso, para determinar la cantidad de cemento efectivamente incorporada a la mezcla se debe tomar el porcentaje de cemento promedio del lote (*CPL*), determinado en los ensayos de contenido de cemento realizados a la mezcla, como se indica en el numeral 235.5.2.1, se debe efectuar el cálculo correspondiente y se debe aproximar 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.

235.7 Forma de pago

El pago de la capa estabilizada con cemento se debe hacer por metro cúbico (m^3) al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con este artículo y aprobada por el interventor.

El precio unitario debe incluir la escarificación de la subrasante en el espesor requerido y su posterior disgregación, hasta cumplir las exigencias de este artículo; los costos de suministro del cemento en el sitio, en acopio o en planta; los costos de suministro en el sitio, en acopio o en planta del agua y de aditivos que se puedan requerir para la estabilización; los costos de mezcla, colocación, nivelación y compactación, y los costos de transporte para las mezclas elaboradas en acopio o en planta.

El precio unitario debe incluir, también, el suministro en el sitio y la aplicación del agua para el curado de la capa compactada y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario debe cubrir todos los costos de obtención de todos los permisos ambientales requeridos; las instalaciones provisionales; los costos de los desvíos que se requieran construir durante la ejecución de las obras. Además, debe incluir los costos de la fase de experimentación, de todos los ensayos de campo y de laboratorio que estén a cargo del constructor, así como los de la señalización preventiva de la vía y el control del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos, los de la conservación de la capa terminada y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de la capa respectiva.

Si los documentos del proyecto indican que el cemento se debe pagar por aparte, el precio unitario de la capa estabilizada con cemento debe excluir el suministro en el sitio de este.

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

235.8 Ítem de pago

La presente especificación cuenta con las siguientes partidas de pago, las cuales se deben indicar en los documentos del proyecto.

Opción 1: el precio unitario del suelo estabilizado con cemento incluye el suministro del cemento.

Ítem	Descripción	Unidad
235.1	Suelo de subrasante estabilizado con cemento (incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m^3)
235.2	Terraplén estabilizado con cemento (incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m^3)

Opción 2: el precio unitario de suelo estabilizado con cemento no incluye el suministro del cemento.

Ítem	Descripción	Unidad
235.10	Suelo de subrasante estabilizado con cemento (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m^3)
235.11	Cemento para estabilización de suelos	Kilogramo (kg)
235.12	Terraplén estabilizado con cemento (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m^3)

Mezclas asfálticas en caliente de gradación continua (Concreto asfáltico)

Artículo 450 – 22

450.1 Descripción

Este trabajo consiste en la elaboración, el transporte, la colocación y la compactación de una o más capas de mezcla asfáltica de gradación continua, preparada y colocada en caliente (concreto asfáltico), de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, las cotas, las secciones y los espesores indicados en los documentos del proyecto.

La Tabla 450 — 1 relaciona tres tipos de mezclas asfálticas de gradación continua, en función del tipo de granulometría.

Tabla 450 — 1. Tipos de mezclas asfálticas en caliente de gradación continua

Tipo	Denominación
Por tipo de granulometría	
Mezclas densas	MDC
Mezclas semidensas	MSC
Mezclas gruesas	MGC
Mezclas especiales	
Mezclas de alto módulo	MAM

Nota: las mezclas de alto módulo, deben cumplir los mínimos de calidad establecidos en la Tabla 450 – 10 sobre las propiedades de módulo de rigidez y resistencia a la fatiga.

En todo caso el valor del módulo de rigidez por adoptar en el diseño debe ser acorde a las condiciones de temperatura y frecuencia del proyecto.

Las mezclas de reciclado en planta y en caliente deben seguir lo especificado en el artículo 462.

450.2 Materiales

450.2.1 Agregados pétreos y llenante mineral

450.2.1.1 Requisitos generales

Los requisitos que se exigen en esta sección son de tipo prescriptivo, para evaluar la calidad de los materiales que componen la mezcla asfáltica. En caso de no cumplirse alguno(s) de ellos, la aceptación o rechazo respectivos deben ser evaluados según las premisas

de desempeño indicadas en el diseño, y según sean las condiciones de las fuentes locales. La aprobación debe ser sustentada mediante un informe técnico detallado, desarrollado por el especialista en pavimentos y/o geotecnia, donde se consigne cuál debe ser el desempeño y la durabilidad, proponiendo las estrategias necesarias para garantizar el cumplimiento del diseño. El interventor debe aprobar o rechazar los materiales en función de los requisitos establecidos en esta sección y en los establecidos en el informe de desempeño del especialista.

Los agregados pétreos y el llenante mineral deben satisfacer los requisitos del numeral 400.2.1 del artículo 400. Así mismo, deben cumplir los requisitos de calidad mencionados en la Tabla 450 — 2.

Tabla 450 — 2. Requisitos de los agregados para mezclas asfálticas en caliente de gradación continúa

Característica	Norma de ensayo	Nivel de tránsito		
		NT1	NT2	NT3
Dureza, agregado grueso (O)				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles, máximo (%). (Nota 1): - Capa de: rodadura/intermedia/base, 500 revoluciones - Capa de: rodadura/intermedia/base, 100 revoluciones	INV E-218	 25/35/- 5/7/-	 25/35/35 5/7/7	 25/35/35 5/7/7
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%): - Capa de: rodadura/intermedia/base	INV E-238	 -	 25/30/30	 20/25/25
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos, capa de: rodadura/intermedia/base - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínima (%)	INV E-224	 - -	 - -	 110/90/75 75/75/75
Coeficiente de pulimiento acelerado para rodadura, mínimo.	INV E-232	45	45	45
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, agregados fino y grueso, máximo (%).	INV E-220	18	18	18
Análisis petrográfico				
Cuantifica los porcentajes relativos de los diferentes minerales y las tipologías de rocas que componen el agregado (Nota 2).	ASTM C295	-	-	Reportar
Limpieza, agregado grueso (F)				
Impurezas en agregado grueso, máximo (%).	INV E-237	0,5	0,5	0,5
Limpieza, gradación combinada (F)				
Índice de Plasticidad, máximo (%).	INV E-125 e INV E-126	NP	NP	NP
Equivalente de arena, mínimo (%).	INV E-133	50	50	50
Valor de azul de metileno, máximo.	INV E-235	10	10	10

Característica	Norma de ensayo	Nivel de tránsito		
		NT1	NT2	NT3
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)				
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%).	INV E-240	10	10	10
Caras fracturadas, mínimo (%): - Una cara: rodadura/intermedia/base - Dos caras: rodadura/intermedia/base	INV E-227	75/60/- -/-/-	75/75/60 60/-/-	85/75/60 70/-/-
Geometría de las partículas, agregado fino (F)				
Angularidad de la fracción fina, método A, mínimo (%): - Capa de: rodadura/intermedia/base	INV E-239	40/35/-	45/40/35	45/40/35
Adhesividad (O)				
Agregado grueso: cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo (%).	INV E-757	Reportar		
Agregado fino: adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método Riedel-Weber), índice mínimo.	INV E-774	4		

Nota 1: se aceptan valores superiores de desgaste siempre y cuando el valor de Micro-Deval se cumpla; esta nota no resulta aplicable para tránsito NT1.

Nota 2: este ensayo es aplicable únicamente para transito NT3. El informe debe cuantificar los porcentajes relativos de los diferentes minerales y las tipologías de rocas que componen el agregado, debe incluir advertencia sobre la presencia de minerales contaminantes, deletéreos, con posibles reactividades químicas, inestables o susceptibles a cambios volumétricos. Debe indicar el grado de meteorización o de alteración del agregado, y la porosidad. También debe incluir valores de acidez y carga de partícula con un concepto sobre la adherencia con el asfalto y las emulsiones.

450.2.1.2 Agregado fino

La proporción de arena natural no puede exceder los valores indicados en la Tabla 450 — 3.

Tabla 450 — 3. Proporción máxima de arena natural en el agregado para mezclas asfálticas en caliente de gradación continua

Característica	Nivel de tránsito		
	NT1	NT2	NT3
Proporción de arena natural: porcentaje (%) de la masa total del agregado combinado.	≤ 25	≤ 25	≤ 15
Proporción de arena natural: porcentaje (%) de la masa total del agregado fino.	≤ 50		

450.2.1.3 Llenante mineral

El llenante mineral puede provenir de los procesos de trituración y clasificación de los agregados pétreos, separándose de ellos por medio de los ciclones de la planta mezcladora, o puede ser de aporte como producto comercial, generalmente cal hidratada (ver requisitos en la NTC 4019) o cemento hidráulico (ver requisitos en el numeral 501.2.1 del artículo 501). La proporción de llenante mineral y los requisitos para el mismo deben cumplir lo establecido en la Tabla 450 — 4.

Tabla 450 — 4. Proporción y requisitos del llenante mineral

Característica	Norma de ensayo INV	Nivel de tránsito		
		NT1	NT2	NT3
Proporción de llenante mineral de aporte: (porcentaje (%) en masa del llenante total) - Capa de rodadura - Capa intermedia - Capa de base	-	 - - -	 ≥ 25 ≥ 25 -	 ≥ 50 ≥ 50 ≥ 25
Granulometría del llenante mineral de aporte: - % que pasa tamiz de 1,18 mm (nro. 16) - % que pasa tamiz de 0,600 mm (nro. 30) - % que pasa tamiz de 0,150 mm (nro. 100) - % que pasa tamiz de 0,075 mm (nro. 200)	E-215	 100 97 — 100 95 — 100 70 — 100		
Densidad *bulk* (g/cm^3).	E-225	0,5 — 0,8		
Vacíos del llenante seco compactado (%).	E-229	-	≥ 38	

450.2.1.4 Granulometría

La granulometría del agregado obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones, incluido el llenante mineral, debe estar comprendida dentro de alguna de las franjas fijadas en la Tabla 450 — 5. El análisis granulométrico se debe efectuar de acuerdo con la norma INV E-213.

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el constructor debe dar lugar a una curva granulométrica uniforme, sensiblemente paralela a los límites de la franja por utilizar, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior del tamiz adyacente y viceversa.

Tabla 450 — 5. Franjas granulométricas para mezclas asfálticas en caliente de gradación continua

Tipo de mezcla		Tamiz (mm / U.S. *Standard*)									
		37,5	25,0	19,0	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,180	0,075
		1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	3/4 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 80	Nro. 200
		Pasa tamiz (%)									
Densa	MDC-25	-	100	80 — 95	67 — 85	60 — 77	43 — 59	29 — 45	14 — 25	8 — 17	4 — 8
	MDC-19	-	-	100	80 — 95	70 — 88	49 — 65	29 — 45	14 — 25	8 — 17	4 — 8
	MDC-10	-	-	-	-	100	65 — 87	43 — 61	16 — 29	9 — 19	5 — 10
Semidensa	MSC-25	-	100	80 — 95	65 — 80	55 — 70	40 — 55	24 — 38	9 — 20	6 — 12	3 — 7
	MSC-19	-		100	80 — 95	65 — 80	40 — 55	24 — 38	9 — 20	6 — 12	3 — 7
Gruesa	MGC-38	100	75 — 95	65 — 85	47 — 67	40 — 60	28 — 46	17 — 32	7 — 17	4 — 11	2 — 6
	MGC-25	-	100	75 — 95	55 — 75	40 — 60	28 — 46	17 — 32	7 — 17	4 — 11	2 — 6
Alto módulo	MAM -25	-	100	80 — 95	65 — 80	55 — 70	40 — 55	24 — 38	10 — 20	8 — 14	6 — 9
	MAM-19	-	-	100	80 — 95	65 — 80	40 — 55	24 — 38	9 — 20	6 — 12	3 — 7
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)		-	4 %					3 %			2 %

El tipo de mezcla asfáltica en caliente por emplear depende del tipo y del espesor compacto de la capa asfáltica y se define en los documentos del proyecto, siguiendo los criterios de la Tabla 450 — 6.

Tabla 450 — 6. Tipo de mezcla por utilizar en función del tipo y espesor compacto de la capa

Tipo de capa	Espesor de capas de compactación (mm)	Tipo de mezcla
Rodadura	30 — 40	MDC-10
	40 — 60	MDC-19, MSC-19
	> 60	MDC-25, MDC-19, MSC-19, MAM-19
Intermedia	> 50	MDC-25, MSC-25
Base	> 75	MSC-25, MGC-38, MGC-25
	60 — 130	MAM-25
Bacheos	50 — 75	MSC-25, MGC-25
	> 75	MSC-25, MGC-38, MGC-25

450.2.2 Material bituminoso

El material bituminoso para elaborar la mezcla en caliente se debe seleccionar en función de:

- Características climáticas de la zona.
- Tipo de capa.
- Condiciones de operación de la carretera.

Los documentos del proyecto deben indicar el tipo de asfalto por utilizar en cada capa del pavimento. El tipo de asfalto puede ser:

- Asfalto convencional, con denominaciones 40 — 50, 60 — 70 u 80 — 100 según se definen en el artículo 410.
- Cemento asfáltico modificado con polímeros de tipo CAM-2, CAM-3, CAM-5 y CAM-1 según se definen en el artículo 414.

En términos generales, se pueden tomar como guía para la selección del tipo de asfalto las indicaciones de la Tabla 450 — 7. Los asfaltos deben cumplir los requisitos de calidad establecidos en los artículos 410 o 414, según corresponda.

Tabla 450 — 7. Tipo de asfalto por emplear en mezclas asfálticas en caliente de gradación continua

Tipo de capa	NT1			NT2			NT3		
	Temperatura media anual de la región (°C)								
	> 24	15 – 24	< 15	> 24	15 – 24	< 15	> 24	15 – 24	< 15
Rodadura e Intermedia	60 — 70	60 — 70 u 80 – 100	80 — 100	60 — 70	60 — 70 u 80 – 100	80 — 100	40 — 50 60 — 70 o 40/70 — 58 o 55/70 — 58 o 55/70 — 65	40 — 50 60 — 70 o 40/70 — 58 o 55/70 — 58	60 — 70 80 — 100 o 55/70 — 58
Base	NA			60 — 70 u 80 — 100	60 — 70 u 80 — 100	80 — 100	60 — 70	60 — 70 u 80 — 100	80 — 100
Alto Módulo	NA			NA			15/40 — 65		

Nota: para una temperatura menor de quince grados Celsius (15 °C) y tránsito NT3, los documentos del proyecto pueden recomendar un cemento asfáltico de grado de penetración 60 — 70, si se considera que el tránsito es extremadamente agresivo. Bajo una consideración similar, se puede emplear el cemento asfáltico modificado con polímeros de tipo CAM-5 para el mismo nivel de tránsito y temperaturas de veinticuatro grados Celsius (24 °C) o menores.

450.2.3 Aditivos mejoradores de la adherencia entre los agregados y el asfalto

Cuando se requieran, deben cumplir con los requisitos del artículo 412. Los aditivos por emplear deben ser recomendados y suministrados por el constructor, y su dosificación y dispersión homogénea deben tener la aprobación del interventor.

El constructor debe garantizar que su incorporación no produce ningún efecto nocivo a los agregados, al ligante asfáltico o a la mezcla. Cualquier efecto adverso en el comportamiento del pavimento que se derive del empleo del aditivo, es de responsabilidad exclusiva del constructor, quien debe efectuar todas las reparaciones que requiera la mezcla compactada, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), de acuerdo con las indicaciones del interventor y hasta ser aprobado por este.

450.2.4 Aditivos para modificar la reología

Se permite la incorporación de productos o tecnologías que modifiquen la reología de una mezcla asfáltica elaborada con asfalto convencional o métodos tradicionales. Se permite el uso de fibras, aditivos para mezclas tibias, asfalto espumado o cualquier otra tecnología o modificador de las propiedades del concreto asfáltico, siempre y cuando se presenten informes técnicos que determinen su dosificación y se muestre evidencia de un comportamiento favorable en campo. Dichos informes deben ilustrar las mejoras obtenidas en el desempeño, en los procesos productivos, en los procesos constructivos, en la durabilidad o en las prestaciones mecánicas, al ser comparada la mezcla modificada respecto a la mezcla patrón sin incorporación de dichos productos. Además, el uso de estos productos o tecnologías debe ser respaldado con las respectivas fichas técnicas y hojas de seguridad proporcionadas por el fabricante para contar con la aprobación del interventor.

450.3 Equipo

Al respecto, se debe considerar lo que resulte aplicable de lo indicado en el artículo 400. Para la compactación, se deben poner a disposición de los trabajos, como mínimo, un (1) compactador vibratorio de rodillos metálicos o mixtos y uno (1) de llantas neumáticas.

450.4 Ejecución de los trabajos

450.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el numeral 105.13.3 del artículo 105, Desarrollo de los trabajos.

450.4.2 Diseño de la mezcla y la obtención de la fórmula de trabajo

450.4.2.1 Generalidades

Rige todo lo que resulte aplicable en el numeral 400.4.2 del artículo 400.

450.4.2.2 Diseño de la mezcla

Las mezclas en caliente objeto del presente artículo, se deben diseñar por el método Marshall, de acuerdo con los pasos descritos en la Tabla 450 — 8.

Tabla 450 — 8. Pasos por seguir para el diseño de mezclas asfálticas en caliente de gradación continua.

Pasos	Descripción	Numeral
Diseño preliminar	- Estabilidad y flujo Marshall - Propiedades volumétricas	450.4.2.2.1
Verificación del diseño preliminar	- Susceptibilidad al agua - Resistencia al ahuellamiento - Módulo de rigidez - Resistencia a la fatiga	450.4.2.2.2

450.4.2.2.1 Diseño preliminar

Los criterios para la definición preliminar del porcentaje óptimo de asfalto de la mezcla son los indicados en la Tabla 450 — 9.

450.4.2.2.2 Verificación del diseño preliminar

El diseño preliminar que cumpla los requisitos de la Tabla 450 — 9 se debe someter a las pruebas de verificación relacionadas en la Tabla 450 — 10 y cumplir los requisitos allí establecidos. La verificación se debe adelantar en la secuencia indicada en esta tabla; las probetas se deben elaborar con la mezcla definida como óptima en el diseño preliminar mencionado en el numeral anterior.

Tabla 450 — 9. Criterios para el diseño preliminar de la mezcla asfáltica en caliente de gradación continua por el método Marshall

Característica		Norma de Ensayo INV	Mezclas densas, semidensas y gruesas			Mezcla de alto módulo
			Categoría de tránsito			
			NT1	NT2	NT3	
Compactación (golpes/cara)		E-748 (E-800) (Nota 1)	50	75 (112)	75 (112)	75
Estabilidad mínima (N)			5 000	7 500 (16 875)	9 000 (20 250)	15 000
Flujo (mm). (Nota 2)			2,0 — 4,0	2,0 — 4,0 (3,0 — 6,0)	2,0 — 3,5 (3,0 — 5,3)	2,0 — 3,0
Relación Estabilidad/Flujo (kN/mm)			2,0 — 4,0	3,0 — 5,0 (4,5 — 7,5)	3,0 — 6,0 (4,5 — 9,0)	-
Vacíos con aire (Va) (%). (Nota 3)	Rodadura	E-736 E-799	3,0 — 5,0	3,0 — 5,0	3,0 — 5,0	4,0 — 6,0
	Intermedia		4,0 — 8,0	4,0 — 7,0	4,0 — 7,0	4,0 — 6,0
	Base		NA	5,0 — 8,0	5,0 — 8,0	4,0 — 6,0

Característica		Norma Ensayo INV	Mezclas densas, semidensas y gruesas			Mezcla de alto módulo
			Categoría de tránsito			
			NT1	NT2	NT3	
Vacíos en los agregados minerales (VAM), mínimo (%)	T. Máx. 38 mm	E-799	13,0			-
	T. Máx. 25 mm		14,0			14,0
	T. Máx. 19 mm		15,0			-
	T. Máx. 10 mm		16,0			-
Vacíos llenos de asfalto (VFA) (%)		E-799	65 — 80	65 — 78	65 — 75	63 — 75
Relación Llenante/Ligante efectivo, en peso		E-799	0,8 — 1,2			1,2 — 1,4
Concentración de llenante, valor máximo		E-745	Valor crítico			
Evaluación de propiedades de empaquetamiento por el método Bailey		-	Reportar			
Espesor promedio de película de asfalto, mínimo (µm)		E-741	7,5			

Nota 1: se debe usar la norma de ensayo INV E-800, en lugar de la INV E-748 cuando los agregados tengan un tamaño máximo superior a veinticinco milímetros (25 mm) (1 pulgada). Los valores entre paréntesis corresponden a ensayos efectuados, de acuerdo con la norma INV E-800.

Nota 2: para mezclas elaboradas con asfaltos modificados con polímeros, se puede aceptar un valor de flujo hasta de cinco milímetros (5,0 mm). En cualquier caso, se debe cumplir el requisito establecido en la respectiva columna de la tabla para la relación Estabilidad/Flujo.

Nota 3: para bacheos en capas de cincuenta a setenta y cinco milímetros (50 mm – 75 mm) de espesor, se deben exigir los requisitos de vacíos con aire de «intermedia» y para los de capas de más de setenta y cinco milímetros (75 mm) se deben exigir los requisitos para «base». Si se llegase a efectuar un bacheo con mezcla asfáltica en caliente en espesor mayor de setenta y cinco milímetros (75 mm) en una vía cuyo tránsito de proyecto es NT1, se debe aplicar el criterio de vacíos con aire para las capas de «base» con tránsito NT2 (5 % – 8 %).

La verificación de los parámetros del comportamiento de las mezclas asfálticas en caliente de gradación continua se designa teniendo en cuenta cuatro niveles de comportamiento:

- Nivel 1: Compactación: Marshall + sensibilidad al agua.
- Nivel 2: Nivel 1 + Ahuellamiento: Resistencia a la deformación plástica o Resistencia al ahuellamiento.
- Nivel 3: Nivel 2 + Módulos de rigidez: Módulo complejo y/o Módulo resiliente.
- Nivel 4: Nivel 3 + Fatiga: Leyes de fatiga.

El constructor debe reportar el nivel de comportamiento de cada mezcla asfáltica del proyecto.

Las probetas se deben elaborar con la mezcla definida como óptima, con las mismas

condiciones de compactación. Se recomienda que, para los niveles de exigencia 2, 3 y 4, las probetas a utilizar en los ensayos de verificación de mezclas asfálticas, sean extraídas de placas compactadas. Se permite la elaboración de probetas con compactador de placa según lo estipulado en la norma UNE-EN 12697-33. Se da la posibilidad de fabricar placas compactadas usando otros métodos alternos de compactación, siempre que representen las condiciones reales de la mezcla según las condiciones del lugar de ejecución del trabajo.

Tabla 450 — 10. Verificación de los parámetros de comportamiento de mezclas asfálticas

Propiedad	Norma de ensayo	Criterio	Condiciones recomendadas del ensayo	Unidades	Valor	Aplicabilidad obligatoria
Sensibilidad al agua						
Susceptibilidad al agua	INV E-725	Resistencia retenida	25 °C, condición seca y húmeda	%	≥ 80	Todos los tipos de mezclas
Ahuellamiento (Nota 1)						
Resistencia a la deformación plástica	INV E-756	Resistencia a la deformación plástica	Velocidad de deformación en el intervalo de 105 a 120 minutos, a la temperatura media anual del aire > 24 °C	µm/min	≤ 15	Tránsito NT3: para capas de rodadura e intermedia
						MAM-25
						MAM 19
						Todas las mezclas (Opcional)
			Velocidad de deformación en el intervalo de 105 a 120 minutos, a la temperatura media anual del aire ≤ 24 °C	µm/min	≤ 20	Tránsito NT3: para capas de rodadura e intermedia
						MAM-25
						MAM 19
						Todas las mezclas (Opcional)
Módulos de rigidez						
Módulo resiliente	INV E-749	Módulo resiliente	Mezclas compactadas con 75 golpes por cara, a 20 °C a 10 Hz	MPa	≥ 10 000	MAM-25
					≥ 8 000	MAM-19
					Reportar (Nota 2)	Todas las mezclas (Opcional)

Propiedad	Norma de ensayo	Criterio	Condiciones recomendadas del ensayo	Unidades	Valor	Aplicabilidad obligatoria
Módulo complejo	UNE-EN 12697-26 (Anexo D: de tracción/ compresión directa)	Valor absoluto del módulo complejo |*E**|	20 °C, 10 Hz	MPa	Reportar (Nota 2)	Tránsito NT3: Todos los tipos de mezclas
						MAM-25
						MAM-19
						Todas las mezclas (Opcional)
			Temperatura y frecuencia según la Nota 3 y la Nota 4	MPa	Reportar (Nota 2)	Tránsito NT3: Todos los tipos de mezclas
						MAM-25
						MAM-19
						Todas las mezclas (Opcional)
Fatiga						
Leyes de fatiga	INV E-808 INV E-784 UNE-EN 12697-24	Deformación a un millón de ciclos ε_6	20 °C, frecuencia entre 10 Hz y 20 Hz	µm	≥ 130	MAM-25
					≥ 100	MAM-19
					Reportar (Nota 2)	Tránsito NT3: Todos los tipos de mezclas
						Todas las mezclas (Opcional)
			Temperatura y frecuencia según la Nota 3 y la Nota 4	µm	Reportar (Nota 2)	MAM-25
						MAM-19
						Tránsito NT3: Todos los tipos de mezclas
						Todas las mezclas (Opcional)

Propiedad	Norma de ensayo	Criterio	Condiciones recomendadas del ensayo	Unidades	Valor	Aplicabilidad obligatoria
Leyes de fatiga	INV E-808 INV E-784 UNE-EN 12697-24	Pendiente -1/b de la recta de fatiga	20 °C, frecuencia entre 10 Hz y 20 Hz	-	Reportar (Nota 2)	MAM-25
						MAM-19
						Tránsito NT3: Todos los tipos de mezclas
						Todas las mezclas (Opcional)
			Temperatura y frecuencia según la Nota 3 y la Nota 4	-	Reportar (Nota 2)	MAM-25
						MAM-19
						Tránsito NT3: Todos los tipos de mezclas
						Todas las mezclas (Opcional)

Nota 1: para el control de ahuellamiento se puede emplear el «ensayo de rodadura» según la norma UNE-EN 12697-22 (ver numeral 450.4.2.2.2.2).

Nota 2: los documentos del proyecto deben establecer los valores mínimos que se deben cumplir.

Nota 3: la temperatura de ejecución del ensayo debe estar en función de la temperatura promedio del lugar de ejecución del trabajo.

Nota 4: la frecuencia de ejecución del ensayo debe estar en función de la velocidad de operación promedio del lugar de ejecución del trabajo.

450.4.2.2.2.1 Resistencia retenida

Si la mezcla no cumple el requisito de resistencia retenida, se debe incrementar su adhesividad hasta que cumpla con el mismo, empleando un llenante mineral apropiado y/o aditivo mejorador de adherencia.

450.4.2.2.2.2 Resistencia a la deformación plástica

Para el control de la resistencia de la mezcla a la deformación plástica, se puede emplear el método de ensayo INV E-756 o el ensayo de rodadura según la norma UNE-EN 12697-22, caso en el cual los criterios de aceptación se deben definir con base en especificaciones internacionales de comprobada aceptación.

450.4.2.2.2.3 Módulo de rigidez

450.4.2.2.2.3.1 Módulo resiliente

El módulo resiliente puede ser determinado mediante el procedimiento de ensayo definido en la norma INV E-749 o de forma alternativa,

empleando alguno de los procedimientos de ensayo definidos en normas internacionalmente comprobadas, cuyo resultado debe ser equivalente al definido para la norma INV E-749.

Los ensayos se deben realizar bajo condiciones de densidad, temperatura y frecuencia representativas de las condiciones reales de operación del pavimento, las cuales deben estar estipuladas en los documentos del proyecto.

La determinación del módulo resiliente es obligatoria para las mezclas de alto módulo. El valor del módulo a veinte grados Celsius (20 °C) y a una frecuencia de diez Hertz (10 Hz) de estas mezclas, debe ser mínimo de diez mil megapascales (10 000 MPa) para capas de base (MAM-25) y de ocho mil megapascales (8 000 MPa) para capas de rodadura (MAM-19). Las probetas que se sometan a este ensayo deben ser elaboradas con una mezcla sometida a envejecimiento previo, según la norma de ensayo AASHTO R-30. Si este valor de módulo no se cumple, es necesario rediseñar la mezcla hasta lograr su cumplimiento.

450.4.2.2.2.3.2 Módulo complejo

El valor absoluto del módulo complejo puede ser determinado mediante el procedimiento de ensayo definido en la norma UNE-EN 12697-26 (Anexo D).

Se deben realizar ensayos de tracción/compresión directa sobre probetas cilíndricas, las cuales deben tener características de densidad representativas de las condiciones reales de operación del pavimento. Se deben reportar:

- Valor absoluto del módulo complejo $|E^*|$ a veinte grados Celsius (20 °C), diez Hertz (10 Hz).
- Valor absoluto del módulo complejo $|E^*|$ a una temperatura y una frecuencia representativa de las condiciones reales de operación del pavimento. Estas condiciones deben estar estipuladas en los documentos del proyecto.

Para tránsito del tipo NT3, se deben reportar los valores absolutos del módulo complejo obtenidos para todos los tipos de mezclas. Los documentos del proyecto pueden fijar valores mínimos o máximos del valor absoluto del módulo complejo correspondiente a estos tipos de mezclas.

450.4.2.2.2.4 Leyes de fatiga

Las leyes de fatiga se pueden determinar aplicando alguno de los procedimientos de ensayo de las normas INV E-784 o INV E-808 o de forma alternativa, empleando alguno de los procedimientos de ensayo definidos en normas internacionalmente comprobadas. Los ensayos se deben realizar bajo condiciones de densidad, temperatura y frecuencia representativas de las condiciones reales de operación del pavimento, las cuales deben estar estipuladas en los documentos del proyecto.

La determinación de la ley de fatiga es obligatoria para las mezclas de alto módulo según lo estipulado en la Tabla 450 – 10. Las probetas que se sometan a este ensayo deben ser elaboradas con una mezcla sometida a envejecimiento previo según la norma de ensayo AASHTO R-30.

Para tránsito del tipo NT3, se deben determinar y reportar las leyes de fatiga obtenidas para mezclas densas, semidensas y gruesas. Las probetas que se empleen en este ensayo no tienen que ser sometidas a envejecimiento

previo. Igualmente, los documentos del proyecto pueden fijar valores mínimos o máximos para las leyes de fatiga correspondiente a estos tipos de mezclas.

Los resultados de los ensayos de fatiga para mezclas de alto módulo (MAM-25 y MAM-19) deben cumplir con lo establecido en la Tabla 450 — 10. El constructor debe asegurar que las leyes de fatiga de los otros tipos de mezclas que elabore sean adecuadas para las necesidades de tránsito del proyecto donde se debe utilizar, por cuanto debe ser de su entera y única responsabilidad cualquier deterioro prematuro atribuible exclusivamente a la fatiga de las capas asfálticas, durante el período de garantía de estabilidad de la obra.

450.4.2.2.3 Ajuste de la fórmula de trabajo

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se debe ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varían la procedencia o las características de alguno de los componentes de la mezcla o se rebasan las tolerancias granulométricas establecidas en este artículo, se requiere el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

450.4.3 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 de las tolerancias establecidas en la especificación respectiva deben ser corregidas, de acuerdo con lo establecido en ella.

Si la extensión de la mezcla necesita riegos previos de imprimación o de liga, ellos se deben realizar conforme lo establecen los artículos 420 y 421, respectivamente.

Antes de aplicar la mezcla, se debe verificar que haya ocurrido el curado del riego previo y no deben quedar restos de fluidificante ni de agua en la superficie. Si hubiera transcurrido mucho tiempo desde la aplicación del riego, se debe comprobar que su capacidad de liga con la mezcla no se haya mermado en forma perjudicial. Si ello sucede, el constructor debe efectuar un riego adicional de adherencia. Si la pérdida de efectividad del riego anterior es imputable al constructor, el nuevo riego debe realizarlo sin costo adicional para INVÍAS.

Las excavaciones para bacheo, así como las operaciones de relleno con los materiales adecuados para restablecer el nivel actual, se deben ejecutar de acuerdo con las indicaciones del artículo 465, para la excavación, y de los artículos que correspondan a los materiales empleados en el relleno de tal excavación. Si la superficie sobre la cual se va a colocar la mezcla corresponde a un pavimento asfáltico antiguo que, de acuerdo con los estudios y documentos del proyecto, requiere un fresado previo, este se debe realizar conforme se establece en el artículo 460.

450.4.4 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 400.4.3 del artículo 400.

450.4.5 Aprovisionamiento de los agregados

Los agregados se deben suministrar fraccionados y se deben manejar separados

hasta su introducción en las tolvas en frío. El número de fracciones debe ser tal, que sea posible, con la instalación que se utilice, cumplir las tolerancias exigidas en la granulometría de la mezcla. Cada fracción debe ser suficientemente homogénea y se debe poder acopiar y manejar, sin peligro de segregación, al observar las precauciones que se detallan a continuación. Cuando la mezcla asfáltica se vaya a elaborar en una planta del tipo tambor secador-mezclador, no se debe permitir, por ningún motivo, realizar una predosificación de las fracciones de los agregados pétreos, antes de su vertimiento en las tolvas de agregados en frío de la planta.

Cada fracción del agregado se debe acopiar separada de las demás, para evitar intercontaminaciones. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se deben utilizar los quince centímetros (15 cm) inferiores de los mismos. Los acopios se deben construir por capas de espesor no superior a uno coma cinco metros (1,5 m), y no por montones cónicos. Las cargas del material se deben colocar adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

Cuando se detecten anomalías en el suministro, los agregados se deben acopiar por separado, hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se debe aplicar cuando se autorice el cambio de procedencia de un agregado.

450.4.6 Fabricación de la mezcla asfáltica

La carga de las tolvas en frío se debe realizar de forma que estas contengan más del cincuenta por ciento (50 %) de su capacidad, pero sin rebosar. En las operaciones de carga se deben tomar las precauciones necesarias, para evitar segregaciones o contaminaciones. La alimentación del agregado fino se debe realizar en dos (2) tolvas, así este sea de un tipo único.

Las aberturas de salida de las tolvas en frío se deben regular en forma tal, que la mezcla de todos los agregados se ajuste a la fórmula de trabajo de la alimentación en frío. El caudal total de esta mezcla en frío se debe regular, de acuerdo con la producción prevista y se debe mantener constante la alimentación del secador.

Los agregados se deben calentar antes de su mezcla con el asfalto. El secador se debe regular de forma que la combustión sea completa, indicada por la ausencia de humo negro en el escape de la chimenea. Siempre que se presenten signos de avería en el sistema de combustión, si ocurre combustión incompleta o se advierte alguna contaminación por combustible, en los agregados o en la mezcla, se debe detener la producción hasta que se identifiquen y se corrijan las causas del problema.

Si el polvo mineral recogido en los colectores cumple las condiciones exigidas al llenante y su utilización está prevista, se puede introducir en la mezcla. En caso contrario, se debe eliminar. El tiro de aire en el secador se debe regular de forma adecuada, para que la cantidad y la granulometría del llenante recuperado sean uniformes. La dosificación del llenante de recuperación y/o el de aporte se debe hacer de manera independiente de los agregados y entre sí.

En las plantas de tipo discontinuo, se debe comprobar que la unidad clasificadora en caliente proporcione agregados homogéneos

a las tolvas en caliente. En caso contrario, se deben tomar las medidas necesarias para corregir la heterogeneidad.

Los agregados preparados como se ha indicado anteriormente, y eventualmente el llenante mineral seco, se deben pesar exactamente y se deben transportar al mezclador en las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo. Después de haber introducido en el mezclador los agregados y el llenante, se debe agregar automáticamente el material bituminoso calculado para cada bachada, el cual se debe encontrar a la temperatura adecuada, y se debe continuar la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

La temperatura del material bituminoso en el instante de la mezcla depende de la relación viscosidad – temperatura. La temperatura conveniente es aquella a la cual el ligante presenta una viscosidad entre ciento cincuenta y trescientos centistokes (150 cSt – 300 cSt). Es preferible que se encuentre entre ciento cincuenta y ciento noventa centistokes (150 cSt – 190 cSt).

El volumen de materiales en el mezclador no debe ser tan grande, que sobrepase los extremos de las paletas, cuando estas se encuentren en posición vertical. Es recomendable que no supere los dos tercios (2/3) de su altura, de forma que logre ser envuelta completa y uniformemente, para los tiempos de mezclado establecidos en la fórmula de trabajo.

Todos los tamaños del agregado deben estar uniformemente distribuidos en la mezcla recién elaborada y sus partículas total y homogéneamente cubiertas de ligante. La temperatura de la mezcla recién elaborada no debe exceder la fijada durante la definición de la fórmula de trabajo.

En caso de utilizar adiciones al ligante o a la mezcla, se debe cuidar su correcta dosificación y su distribución homogénea, así como la conservación de sus características iniciales durante el proceso de fabricación.

Se deben rechazar todas las mezclas heterogéneas, carbonizadas o sobrecalentadas, las mezclas con espuma o las que presenten indicios de contaminación o humedad. En este último caso, se deben retirar los agregados de las correspondientes tolvas en caliente. También, se deben rechazar aquellas mezclas en las que la envuelta no sea perfecta.

Siempre que se emplee un silo para el almacenamiento de la mezcla elaborada, esta se debe verter dentro del silo, tomando las precauciones necesarias para que no se ocasione segregación. En el instante de la descarga del silo a las volquetas, se debe procurar realizarla con la mayor rapidez, con el fin de disminuir la posibilidad de segregación en los platones de las volquetas, ya que de esta manera se reduce la acción de rodamiento de la mezcla cuando fluye hacia ellos. En ese momento se debe verificar la temperatura, con el fin de impedir el despacho a la obra de mezclas, con temperaturas inferiores a las definidas como apropiadas para la extensión y para la compactación durante la fase de experimentación.

450.4.7 Transporte de la mezcla

La mezcla se debe transportar a la obra, hasta una hora del día en que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar

correctamente con luz solar. Solo se debe permitir el trabajo en horas de la noche si, por instrucción y verificación del interventor, existe una iluminación artificial que permita la extensión y la compactación de manera adecuada.

Durante el transporte de la mezcla, se deben tomar las precauciones necesarias para que al descargarla en el equipo de transferencia o en la máquina pavimentadora, su temperatura no sea inferior a la mínima que se determine como aceptable durante la fase de experimentación.

Antes de abordar cualquier vía pavimentada, se deben limpiar perfectamente las llantas de los vehículos destinados al transporte de la mezcla. Los vehículos de transporte de mezcla deben mantener al día los permisos de tránsito y ambientales requeridos, y sus cargas por eje y totales se deben encontrar dentro de los límites fijados por la normativa vigente del Ministerio de Transporte.

450.4.8 Transferencia de la mezcla

Si el constructor dispone de una máquina para la transferencia de la mezcla asfáltica (shuttle buggy), la volqueta debe descargar la mezcla en la tolva de almacenamiento de la máquina, cuyas bandas transportadoras se deben encargar de alimentar la pavimentadora, sin que esta sea tocada por las llantas de la volqueta, favoreciendo de esta manera la regularidad superficial.

450.4.9 Extensión de la mezcla

La máquina pavimentadora debe extender la mezcla recibida de la volqueta o de la máquina de transferencia, de modo que se cumplan los alineamientos, los anchos y los espesores señalados en los documentos del proyecto.

A menos que el interventor expida una instrucción contraria, la extensión se debe realizar en franjas longitudinales y debe comenzar a partir del borde de la calzada en las zonas por pavimentar con sección bombeada, o en el lado inferior en las secciones peraltadas. La mezcla se debe colocar en franjas del ancho apropiado para realizar el menor número de juntas longitudinales y para conseguir la mayor continuidad en las operaciones de extendido, teniendo en cuenta el ancho de la sección, las necesidades del tránsito, las características de la pavimentadora y la producción de la planta.

Siempre que resulte posible, después de haber extendido y compactado una franja, la adyacente se debe extender, mientras el borde de la anterior aún se encuentre caliente y en condiciones de ser compactado, con el fin de evitar la ejecución de una junta longitudinal.

La pavimentadora se debe regular de manera que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin arrastres ni segregaciones y con un espesor tal, que luego de compactada, se ajuste a la rasante y a la sección transversal indicadas en los documentos del proyecto, con las tolerancias establecidas en la presente especificación. Por ningún motivo se permite el empleo de máquinas pavimentadoras que dejen marcas o depresiones en la superficie u otros defectos permanentes en ella. Tampoco se debe permitir la segregación de la mezcla. Si ella ocurre, la extensión de la mezcla se debe suspender inmediatamente, hasta que se determine y corrija su causa. Toda área segregada que no se corrija antes de la compactación, se debe remover y reemplazar con material apropiado, a expensas del constructor.

La extensión de la mezcla se debe realizar con la mayor continuidad posible, ajustando la velocidad de la pavimentadora a la producción de la planta de fabricación, de manera que aquella sufra el menor número posible de detenciones. Toda imperfección superficial debe ser corregida antes de compactar. Se debe vigilar de manera especial esta condición en los inicios de la jornada, en los relevos de vehículos de suministro y al finalizar la jornada. De ser necesario se debe reservar parte de la mezcla para corregir y nivelar con herramienta menor todas aquellas áreas de difícil ejecución para la pavimentadora.

En caso de trabajo intermitente, se debe comprobar que la temperatura de la mezcla que quede sin extender en la tolva o bajo la pavimentadora, no disminuya de la especificada para el inicio de la compactación. De lo contrario, dicha mezcla se debe descartar y ejecutar una junta transversal. Tras la pavimentadora se debe disponer de un número suficiente de obreros especializados, agregando mezcla caliente y enrasándola, según se precise, con el fin de obtener una capa que, una vez compactada, se ajuste enteramente a las condiciones impuestas en esta especificación.

En los sitios en los que no resulte posible el empleo de máquinas pavimentadoras, la mezcla se puede extender a mano. La mezcla se debe descargar fuera de la zona que se vaya a pavimentar, y se debe distribuir en los lugares correspondientes, por medio de palas y rastrillos calientes, en una capa uniforme y de espesor tal, que una vez compactada, se ajuste a los documentos del proyecto, con las tolerancias establecidas en la presente especificación.

Se debe verificar la temperatura de la mezcla al inicio y al final del proceso de extensión.

450.4.10 Compactación de la mezcla

La compactación se debe realizar según el plan aprobado por el interventor como resultado de la fase de experimentación. Debe comenzar, una vez extendida la mezcla, a la temperatura más alta posible con que ella pueda soportar la carga a que se somete, sin que se produzcan agrietamientos o desplazamientos indebidos.

La compactación se debe realizar longitudinalmente, de manera continua y sistemática, y no se debe efectuar hasta que los defectos en la fase de extensión hayan sido corregidos. Debe empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas en donde el cilindrado debe avanzar del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso, en la forma aprobada por el interventor, hasta que la superficie total se haya compactado. Si la extensión de la mezcla se realiza por franjas, al compactar una de ellas, se debe ampliar la zona de compactación para que incluya al menos quince centímetros (15 cm) de la anterior.

Los rodillos deben llevar su rueda motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el interventor y sus cambios de dirección se deben hacer sobre la mezcla ya compactada. Los elementos de compactación deben estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos. Sin embargo, no se deben permitir excesos de agua.

Se debe tener cuidado al compactar, para no desplazar los bordes de la mezcla extendida.

Se debe chaflanar ligeramente los bordes exteriores del pavimento terminado.

La compactación se debe realizar de manera continua, durante la jornada de trabajo y se debe complementar con el trabajo manual mínimo necesario para corregir todas las irregularidades que se puedan presentar.

La compactación se debe continuar mientras la mezcla se encuentre en condiciones de ser compactada, hasta alcanzar los niveles de densidad prescritos en este artículo y se debe concluir con un apisonado final usando un equipo liso que borre las huellas dejadas por los compactadores precedentes.

Se debe verificar la temperatura de la mezcla al inicio y al final del proceso de compactación.

450.4.11 Juntas de trabajo

Las juntas deben presentar la misma textura, densidad y acabado que el resto de la capa compactada.

Las juntas entre pavimentos nuevos y viejos, o entre trabajos realizados en días sucesivos, se deben cuidar, con el fin de asegurar su perfecta adherencia. A todas las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad, se les debe aplicar una capa uniforme y ligera de riego de liga, antes de colocar la mezcla nueva, para dejarla curar suficientemente.
El borde de la capa extendida previamente se debe cortar de manera vertical con cortadora de disco o con herramienta manual que permita una superficie relativamente plana y vertical, sobre la cual se debe efectuar riego de liga en todo su espesor según los especificado en el artículo 421. La junta se debe nivelar y pulir con elementos adecuados antes de permitir el paso de equipos de compactación sobre ella.

Las juntas transversales en la capa de rodadura se deben compactar transversalmente.

Cuando los bordes de las juntas longitudinales sean irregulares, presenten huecos o estén deficientemente compactados, se deben cortar con disco o herramientas adecuadas, para dejar al descubierto una superficie lisa vertical en todo el espesor de la capa. Donde el interventor lo considere necesario, se debe añadir mezcla que, después de colocada y compactada con pisones, se debe compactar mecánicamente.

Se debe procurar que las juntas de capas superpuestas guarden una separación mínima de cinco metros (5 m) en el caso de las transversales y de ciento cincuenta milímetros (150 mm) en el caso de las longitudinales.

La junta longitudinal de construcción entre franjas continúas conformadas por un pavimento viejo y uno nuevo, deben ser tratadas con riego de liga según lo especificado en el artículo 421, y precalentadas entre noventa y ciento cincuenta grados Celsius (90 °C — 150 °C). Si ambas franjas son de pavimentos nuevos y registran temperaturas por debajo de noventa grados Celsius (90 °C), también deben ser precalentadas pero no requieren riego de liga.

Para lograr alta densificación en las juntas se debe iniciar la compactación desde el borde de la franja recién extendida hasta quince centímetros (15 cm) antes del llegar a la junta. Posteriormente desde la franja compacta y con el uso de herramienta manual se debe llevar hacia la junta el material fresco que esté sobre la superficie de tal forma que no queden

rebabas. Seguidamente, el centro del rodillo se debe hacer coincidir con el cordón de mezcla fresca situado entre el pavimento recién extendido y el de la franja adyacente, para proceder con la respectiva compactación. Al finalizar la operación se deben verificar condiciones de planicidad. El interventor no debe permitir juntas con acabados de mezcla remontada, acordonada o con segregación. El incumplimiento de este requisito puede dar lugar al rechazo del lote de la jornada.

450.4.12 Pavimento sobre puentes, viaductos, obras de urbanismo y estructuras de redes de servicios

Las losas de los puentes y los viaductos se deben pavimentar con una mezcla en caliente de la calidad exigida para la capa de rodadura, previa la aplicación del riego de liga mencionado en el numeral 450.4.3.

Las pavimentadoras y los equipos de compactación deben conservar distancias de diez a quince centímetros (10 cm — 15 cm) respecto a elementos de redes de servicio para evitar ser golpeados, manchados o desportillados durante la ejecución de los trabajos. En el perímetro de estos elementos, los ajustes deben ser con apisonadores y herramienta manual, conservando los niveles y acabados respectivos, de tal forma que se eviten zonas de encharcamiento o protuberancias que excedan las tolerancias del presente artículo. Durante la ejecución del riego de liga y la extensión de la mezcla asfáltica, el constructor debe proteger con lonas, papel o similares, todas aquellas partes de las obras de urbanismo que puedan ser alcanzadas por el material bituminoso. El constructor es responsable por cualquier daño que causen las operaciones de sus equipos y, en consecuencia, todos los trabajos de reparación y limpieza deben correr por su cuenta.

450.4.13 Bacheos

Cuando se haya efectuado una excavación para la reparación de un pavimento asfáltico convencional (constituido por capas asfálticas densas, base granular y subbase granular), con una profundidad mayor de ciento cincuenta milímetros (150 mm), y se tenga contemplado en el proyecto emplear las mezclas asfálticas en caliente del presente artículo para efectuar parte del relleno de la excavación, los setenta y cinco milímetros (75 mm) superiores, hasta alcanzar el nivel de rasante del pavimento que se repara, se deben rellenar con una mezcla asfáltica en caliente de uno de los tipos señalados en la Tabla 450 — 6.

Cuando la excavación sea de profundidad menor o igual a ciento cincuenta milímetros (150 mm), se debe rellenar en su totalidad con mezcla asfáltica en caliente, en capas de espesor compacto de no menos de cincuenta milímetros (50 mm), empleando las mezclas señaladas en la Tabla 450 — 7, según el espesor elegido para la capa compactada. De todas maneras, la capa superior del bacheo no puede tener un espesor superior a setenta y cinco milímetros (75 mm).

En todos los casos, las capas se deben compactar con equipos adecuados, hasta lograr los niveles de densidad prescritos en este artículo.

Tanto la superficie que recibe las capas asfálticas como las paredes de la excavación en contacto con ellas, se deben pintar con un riego de liga con emulsión asfáltica, conforme a las instrucciones del interventor.

El tipo y espesor de las mezclas asfálticas en caliente para operación de bacheo sobre pavimentos muy gruesos y complejos (múltiples intervenciones de rehabilitación), se deben definir en los documentos del respectivo proyecto o, en su defecto, deben ser aprobados por el interventor, de acuerdo con las circunstancias específicas de cada obra.

450.4.14 Apertura al tránsito

Alcanzada la densidad exigida, el tramo pavimentado se puede abrir al tránsito tan pronto la capa extendida alcance en todo su espesor una temperatura menor de cuarenta y cinco grados Celsius (45 °C). Por ningún motivo se debe permitir la acción de cualquier tipo de tránsito sobre las capas en ejecución.

450.4.15 Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir la extensión de ninguna capa de mezcla asfáltica en caliente, mientras no se haya realizado la nivelación y se haya comprobado y aprobado el grado de compactación de la capa precedente.

Tampoco se debe permitir la extensión ni la compactación de la mezcla en momentos de lluvia, ni cuando haya fundado temor de que ella ocurra o cuando la temperatura ambiente a la sombra y la del pavimento sean inferiores a cinco grados Celsius (5 °C). Si el espesor de la capa por extender, ya compactada, es menor de cincuenta milímetros (50 mm), dichas temperaturas no pueden ser inferiores a ocho grados Celsius (8 °C).

Los trabajos de construcción de la mezcla asfáltica en caliente 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 resulte adecuado, y que cuente con la aprobación del interventor. 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.

450.4.16 Manejo ambiental

Al respecto, rige el artículo 106, Aspectos ambientales, así como todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del artículo 400.

450.4.17 Reparaciones

Todos los defectos no advertidos durante la colocación y la compactación, tales como protuberancias, juntas irregulares, depresiones, irregularidades de alineamiento y de nivel, los debe corregir el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta contar con la aprobación de este. El constructor debe proporcionar trabajadores competentes, capaces de ejecutar a satisfacción el trabajo eventual de correcciones en todas las irregularidades del pavimento construido.

450.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

450.5.1 Controles

Rige lo que resulte aplicable del numeral 400.5.1 del artículo 400.

450.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

450.5.2.1 Calidad del cemento asfáltico

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para el cemento asfáltico deben ser los establecidos en los artículos 410 o 414, según corresponda.

450.5.2.2 Calidad de los agregados pétreos y del llenante mineral

450.5.2.2.1 Aprobación inicial

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se deben tomar cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deben realizar los ensayos que se encuentran indicados en la Tabla 450 — 2.

Así mismo, para cada procedencia del llenante mineral y para cualquier volumen previsto, se deben tomar dos (2) muestras y sobre ellas se debe determinar la densidad *bulk*, según la norma INV E-225.

Los resultados de estas pruebas deben satisfacer las exigencias indicadas en numeral 450.2.1, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

450.5.2.2.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se 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. También, se debe ordenar acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas, y plasticidad, y se debe vigilar la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, se deben efectuar las verificaciones de calidad indicadas en la Tabla 450 — 11 para los agregados grueso y fino, y en la Tabla 450 — 12 para el llenante mineral de aporte.

Tabla 450 — 11. Ensayos de verificación sobre los agregados para mezclas en caliente de gradación continua

Característica	Norma de ensayo	Frecuencia
Composición (F)		
Granulometría	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	INV E-224	1 por mes
Coeficiente de pulimiento acelerado para rodadura	INV E-232	Cuando cambie la procedencia de los agregados

Característica	Norma deEnsayo	Frecuencia
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	INV E-220	1 por mes
Análisis petrográfico (Nota 1)		
Porcentajes relativos de los diferentes minerales y las tipologías de rocas que componen el agregado	ASTM C295/UNE 932	1 por año
Limpieza, agregado grueso (F)		
Impurezas en agregado grueso	INV E-237	1 por semana
Limpieza, gradación combinada (F)		
Índice de plasticidad	INV E-125 y INV E-126	1 por jornada
Equivalente de arena	INV E-133	1 por semana
Valor de azul de metileno	INV E-235	1 por semana
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)		
Índices de alargamiento y aplanamiento	INV E-230	1 por semana
Partículas planas y alargadas, relación 5:1	INV E-240	1 por semana
Caras fracturadas	INV E-227	1 por jornada
Geometría de las partículas, agregado fino (F)		
Angularidad de la fracción fina, método A	INV E-239	1 por jornada
Adhesividad, gradación (O)		
Agregado grueso: cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo.	INV E-757	Cuando cambie la procedencia de los agregados
Agregado fino: adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método Riedel-Weber).	INV E-739	
Gravedad específica		
Gravedad específica y absorción	INV E-222 y INV E-223	1 por mes y siempre que cambie la procedencia de agregados

Nota 1: este ensayo es aplicable únicamente para transito NT3.

Nota 2: en caso de que se requiera, según se indica en el numeral 450.2.1.

Tabla 450 — 12. Ensayos de verificación sobre el llenante mineral de aporte para mezclas en caliente de gradación continua

Característica	Norma de ensayo INV	Frecuencia
Granulometría	E-215	1 por suministro
Densidad bulk	E-225	1 vez a la semana y siempre que cambie la procedencia del llenante
Vacíos del llenante seco compactado (%)	E-229	1 vez a la semana y siempre que cambie la procedencia del llenante

El interventor puede autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en las Tablas 450 — 11 y 450 — 12, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En ningún caso se debe permitir el empleo de agregados minerales que no satisfagan los requisitos pertinentes del numeral 450.2.1. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado no satisfactorio, se deben tomar dos (2) muestras adicionales del material y se debe repetir la prueba. Los resultados de ambos ensayos de comprobación deben ser satisfactorios o, de lo contrario, el interventor no debe autorizar la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

450.5.2.3 Composición de la mezcla

A la salida del mezclador o del silo de almacenamiento, sobre cada vehículo de transporte, se debe controlar el aspecto de la mezcla y se debe medir su temperatura. Se deben rechazar todas las mezclas segregadas, carbonizadas o sobrecalentadas, así como las mezclas con espuma, aquellas cuya envuelta no sea homogénea y las que presenten indicios de humedad o de contaminación por combustibles. En este último caso y cuando la planta sea del tipo discontinuo, se deben retirar los agregados de las correspondientes tolvas en caliente.

Se deben realizar los siguientes controles cuantitativamente:

450.5.2.3.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un (1) lote, definido como se indica en el numeral 450.5.2.5.1, se debe determinar el contenido de asfalto residual (norma de ensayo INV E-732).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (*ART* %) debe tener una tolerancia de cero coma tres por ciento (0,3 %), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (*ARF* %).

$$ARF\ \% - 0{,}3\ \% \leq ART\ \% \leq ARF\ \% + 0{,}3\ \% \quad [450.1]$$

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (*ARI* %), no puede diferir del valor promedio (*ART* %) en más de cero coma cinco por ciento (0,5 %), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$ART\ \% - 0{,}5\ \% \leq ARI\ \% \leq ART\ \% + 0{,}5\ \% \quad [450.2]$$

Un porcentaje de asfalto residual promedio (*ART* %) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso del ligante, el constructor demuestre que no existen problemas de comportamiento de la mezcla ni, en el caso de la capa de rodadura, problemas de inseguridad para los usuarios.

En caso de rechazo, la capa de mezcla en caliente correspondiente al lote controlado se debe retirar preferiblemente mediante fresado, y ser repuesta por otra de calidad satisfactoria hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor.

450.5.2.3.2 Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se debe determinar la composición granulométrica de los agregados, según la norma de ensayo INV E-782.

La curva granulométrica de cada ensayo individual debe ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la Tabla 450 — 5, pero sin permitir que la curva se salga de la franja.

En caso de que los valores obtenidos excedan las tolerancias, pero no salgan de la franja, el constructor debe preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje medio de asfalto de la mezcla elaborada con este agregado. Esta mezcla se debe someter a todas las pruebas de valoración descritas en el numeral 450.4.2. Si los requisitos allí indicados no se cumplen en su totalidad, se debe rechazar el lote.

En caso de rechazo, la capa de mezcla en caliente correspondiente al lote controlado se debe retirar preferiblemente mediante fresado, y ser repuesta por otra de calidad satisfactoria hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor.

450.5.2.4 Calidad de la mezcla

450.5.2.4.1 Vacíos con aire de probetas compactadas

Con un mínimo de dos (2) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, se deben compactar probetas (dos (2) por muestra) para verificar en el laboratorio su gravedad específica *bulk* (normas INV E-733 o INV E-802), y su estabilidad y flujo en el ensayo Marshall (normas INV E-748 o INV E-800, según corresponda). La compactación se debe hacer aplicando el número de golpes indicado en la Tabla 450 — 9, de acuerdo con el nivel de tránsito de diseño.

Así mismo, sobre una muestra representativa de la mezcla del lote, se debe determinar la gravedad específica máxima (G_{mm}), mediante las normas de ensayo INV E-735 o INV E-803.

Para cada una de las probetas se debe calcular los vacíos con aire mediante la norma de ensayo INV E-736, a partir de su gravedad específica *bulk* y de la gravedad específica máxima de la muestra representativa del lote.
El valor promedio de los vacíos con aire de las cuatro (4) probetas se debe encontrar en el rango establecido en la Tabla 450 – 9, sin que ningún valor individual se pueda alejar en más de cero coma cinco por ciento (0,5 %) de los límites del rango.
El incumplimiento de alguna de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las muestras, sin que sea necesario hacer verificaciones de estabilidad y flujo. En este caso, la capa de mezcla en caliente correspondiente al lote controlado se debe retirar preferiblemente mediante fresado, y ser repuesta por otra de calidad satisfactoria hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor.

Si el requisito de vacíos con aire se cumple, se debe proceder a determinar la estabilidad y el flujo de las cuatro (4) probetas.

450.5.2.4.2 Estabilidad

La estabilidad media de las cuatro (4) probetas (E_m) debe ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90 %) de la estabilidad de la mezcla de la fórmula de trabajo (E_t).

$$E_m \geq 0{,}90 * E_t \quad [450.3]$$

Ningún valor individual (E_i) puede exceder en más de veinticinco por ciento (25 %) el valor de estabilidad de la fórmula de trabajo (E_t), ni encontrarse por debajo del valor mínimo establecido en la Tabla 450 — 9.

$$1{,}25 * E_t \geq E_i \geq \text{valor mínimo de la Tabla 450 — 9} \quad [450.4]$$

Además, la estabilidad de cada probeta (E_i) debe ser igual o superior al ochenta por ciento (80 %) del valor medio de estabilidad (E_m), admitiéndose solo un (1) valor individual por debajo de ese límite.

$$E_i \geq 0{,}80 * E_m \quad [450.5]$$

El incumplimiento de al menos una de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las muestras. En este caso, la capa de mezcla en caliente correspondiente al lote controlado se debe retirar preferiblemente mediante fresado, y ser repuesta por otra de calidad satisfactoria hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor.

450.5.2.4.3 Flujo

El flujo medio de las probetas sometidas al ensayo de estabilidad (F_m), se debe encontrar entre el ochenta por ciento (80 %) y el ciento veinte por ciento (120 %) del valor obtenido en la mezcla aprobada como fórmula de trabajo (F_t), pero no se debe permitir que su valor se encuentre por fuera de los límites establecidos en la Tabla 450 — 9.

$$0{,}80 * F_t \leq F_m \leq 1{,}20 * F_t \quad [450.6]$$

Si el flujo medio se encuentra dentro del rango establecido en la Tabla 450 — 9, pero no satisface la exigencia recién indicada en relación con el valor obtenido al determinar la fórmula de trabajo, el interventor debe decidir y establecer, al compararlo con las estabilidades, si el lote debe ser rechazado o aceptado.

450.5.2.4.4 Relación estabilidad/flujo

Se debe calcular esta relación para las cuatro (4) probetas elaboradas para el control de estabilidad y flujo en cada lote.

Los valores obtenidos se deben encontrar dentro de los límites establecidos en la Tabla 450 — 9, según el tránsito de diseño de la vía para la cual se está elaborando la mezcla. Si al menos uno de los valores calculados queda por fuera de dichos límites, se debe rechazar el lote, así los valores individuales de estabilidad y de flujo sean satisfactorios.

En caso de rechazo, la capa de mezcla en caliente correspondiente al lote controlado se debe retirar preferiblemente mediante fresado, y ser repuesta por otra de calidad satisfactoria hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor.

450.5.2.4.5 Susceptibilidad a la humedad

Cada vez que el interventor lo considere necesario, de acuerdo con el aspecto y el comportamiento de la mezcla colocada, se debe verificar en el laboratorio la susceptibilidad de la mezcla compactada a la acción

del agua, empleando el ensayo de tracción indirecta descrito en la norma de ensayo INV E-725.

Al efecto, se deben moldear seis (6) probetas con la mezcla que se está elaborando, tres (3) de las cuales se deben curar en seco y tres (3) bajo condición húmeda, para determinar la resistencia promedio de cada grupo, como lo establece la norma. La resistencia del grupo curado en húmedo debe ser, cuando menos, ochenta por ciento (80 %) de la resistencia del grupo curado en seco, para que se considere que la mezcla es resistente a la humedad.

El incumplimiento de este requisito implica la realización del ensayo sobre núcleos tomados de los diferentes lotes, cuya mezcla considere el interventor que puede presentar este problema (seis (6) núcleos por lote, tres (3) curados en seco y tres (3) bajo condición húmeda). Los lotes de material que no cumplan con el requisito se deben rechazar. Además, los trabajos se deben suspender, hasta que se estudien e implementen las medidas que garanticen el cumplimiento de este requisito, las cuales pueden comprender desde la incorporación de un aditivo, hasta la definición de una nueva fórmula de trabajo y un nuevo diseño de la mezcla.

450.5.2.4.6 Contenido de agua

Siempre que la apariencia de la mezcla indique la posible presencia de agua en ella, se debe determinar el contenido de agua en la mezcla asfáltica, según las normas de ensayo INV E-755 o INV E-783.

El contenido de agua en cualquier mezcla asfáltica en caliente no puede ser mayor de cero coma cinco por ciento (0,5 %). Los volúmenes de mezcla que no cumplan con este requisito deben ser rechazados.

450.5.2.4.7 Módulo de rigidez

450.5.2.4.7.1 Módulo resiliente

Sobre las mezclas asfálticas de alto módulo (MAM) se debe determinar el módulo resiliente, en condición laboratorio, según la norma de ensayo INV E-749, o de forma alternativa, empleando alguno de los procedimientos de ensayo definidos en normas internacionalmente comprobadas. La prueba se debe realizar por duplicado a la temperatura y la frecuencia indicadas en el numeral 450.4.2.2.2.3.1., es decir, un mínimo de dos (2) muestras a veinte grados Celsius (20 °C) y diez Hertz (10 Hz). El valor obtenido para la condición de veinte grados Celsius (20 °C) y diez Hertz (10 Hz) debe ser como mínimo de diez mil megapascales (10 000 MPa) para capas de base (MAM-25) y de ocho mil megapascales (8 000 MPa) para capas de rodadura (MAM-19).

En caso de aplicar algún procedimiento de ensayo alternativo a la norma de ensayo INV E-749, se deben conservar las condiciones de elaboración de probetas, la frecuencia y la temperatura de ensayo. El valor de módulo obtenido para la condición de veinte grados Celsius (20 °C) y diez Hertz (10 Hz) debe ser equivalente al de diez mil megapascales (10 000 MPa) para capa de base (MAM-25) y de ocho mil megapascales (8 000 MPa) para capas de rodadura (MAM-19). En este caso, se deben utilizar ecuaciones de equivalencia debidamente comprobadas entre los resultados de los ensayos. Las pruebas deben ser conformes, antes de cualquier puesta en obra.

Con respecto al control en obra del módulo resiliente de mezclas del tipo MAM, se debe realizar un muestreo con extracción de nú-

cleos de la capa compactada cada cinco mil metros cúbicos (5000 m3) o por el volumen total compactado, si la obra contempla la construcción de un volumen total inferior a dicha cantidad. En este caso, el interventor debe conservar suficientes probetas adicionales para posteriores ensayos de contraste.

Los ensayos de contraste deben presentar un valor promedio del módulo resiliente mayor de diez mil megapascales (10 000 MPa) para capa de base (MAM-25) y de ocho mil megapascales (8 000 MPa) para capas de rodadura (MAM-19). Si este valor mínimo no se cumple, el volumen de mezcla objeto del control se debe rechazar y el constructor lo debe fresar y retirar, sin costo adicional para INVÍAS, y reemplazarlo por otro de calidad satisfactoria. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor.

Si las especificaciones particulares establecen requisitos sobre módulos resilientes para otras mezclas del proyecto, se debe seguir un proceso de verificación similar al mencionado para las mezclas de alto módulo según lo estipulado en la Tabla 450 — 10.

450.5.2.4.7.2 Módulo complejo

Sobre las mezclas asfálticas de alto módulo (MAM) se debe determinar el módulo complejo, en condición laboratorio, según la norma de ensayo UNE-EN 12697-26 (Anexo D). La prueba se debe realizar por duplicado a la temperatura y la frecuencia indicadas en el numeral 450.4.2.2.2.3.2., es decir, un mínimo de cuatro (4) muestras, dos (2) a condición de temperatura y frecuencia del proyecto, y dos (2) a veinte grados Celsius (20 °C) y diez Hertz (10 Hz). La prueba debe ser conforme, antes de cualquier puesta en obra de la mezcla, según los parámetros establecidos en los documentos del proyecto y se deben reportar los valores del valor absoluto del módulo complejo.

Con respecto al control en obra del módulo complejo, se asume válido, si:

• Las formulaciones en condición de laboratorio anteriormente indicadas son conformes.
• El control de contenido de asfalto en obra (450.5.2.3.1) es conforme.
• El control de la granulometría de los agregados en obra (450.5.2.3.2) es conforme.
• El control de la compactación en obra (450.5.2.5.3) es conforme.

Si las especificaciones particulares establecen requisitos sobre módulos complejos para otras mezclas del proyecto, se debe seguir un proceso de verificación similar al mencionado para las mezclas de alto módulo según lo estipulado en la Tabla 450 – 10.

450.5.2.4.8 Leyes de Fatiga

Sobre las mezclas asfálticas de alto módulo (MAM) se deben determinar las leyes de fatiga, en condición laboratorio, aplicando alguno de los procedimientos de ensayo de las normas INV E-784 o INV E-808 o de forma alternativa, empleando alguno de los procedimientos de ensayo definidos en normas internacionalmente comprobadas. Las pruebas deben ser realizadas por duplicado, sobre probetas preparadas de acuerdo con lo definido en la norma correspondiente, a la temperatura y frecuencia indicadas en el numeral 450.4.2.2.2.4., es decir, un mínimo de dos (2) muestras, una (1) en condición de temperatura y frecuencia del proyecto, y una (1) a veinte grados Celsius (20 ° C) y una frecuencia entre diez Hertz (10 Hz) y veinte Hertz (20 Hz). Los valores obtenidos de deformación a un (1) mion de ciclos (ε_6) y pendiente (-1/b) de la recta de fatiga debe cumplir con los valores mínimos establecidos en la Tabla 450 – 10. Las pruebas deben ser conformes, antes de cualquier puesta en obra.

Con respecto al control en obras de leyes de fatiga, se asume válido, si:

• Las formulaciones en condición de laboratorio anteriormente indicadas son conformes.
• El control de contenido de asfalto en obra (450.5.2.3.1) es conforme.
• El control de la granulometría de los agregados en obra (450.5.2.3.2) es conforme.
• El control de la compactación en obra (450.5.2.5.3) es conforme.

En el caso eventual de evidencia de degradación a corto plazo de la capa asfáltica o de la estructura de pavimento, el interventor debe exigir la extracción

de muestras para la evaluación respectiva de leyes de fátiga. En dicho caso, se debe realizar un muestreo con extracción de n½cleos de la capa compactada cada cinco mil metros cúbicos (5000 m3) o por el volumen total compactado, si la obra contempla la construcción de un volumen total inferior a dicha cantidad. En este caso, el interventor debe conservar suficientes probetas adicionales para posteriores ensayos de contraste.

En caso de no conformidad de estos ensayos de contraste, con respecto a los par§metros exigidos en la Tabla 450 — 10. Si este valor mínimo no se cumple, el volumen de mezcla objeto del control debe ser rechazado y el constructor debe fresarlo y retirarlo, sin costo adicional para INVÍAS, y reemplazarlo por otro de calidad satisfactoria. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor.

Si las especificaciones particulares estable-cen requisitos sobre leyes de fatiga para otras mezclas del proyecto, se debe seguir un proceso de verificación La cota similar de al cualquier mencionado punto de la para mezcla las asfáltica mezclas de alto módulo.

450.5.2.5 Calidad del producto terminado

450.5.2.5.1 Tamaño del lote

Se debe considerar como lote, que se acepta o se rechaza en conjunto, la menor área construida que resulte de aplicar los siguientes criterios, para una sola capa de mezcla asfáltica en caliente:

- Quinientos metros (500 m) de mezcla en caliente colocada en todo el ancho de la calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2) de mezcla en caliente colocada.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

Específicamente para la determinación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), la definición de lote es como se indica en el numeral 450.5.2.5.9.

450.5.2.5.2 Aspectos generales

La capa terminada de mezcla asfáltica en caliente debe presentar una superficie uniforme y se debe ajustar a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se esté construyendo, excluyendo sus chaflanes, no puede ser menor que la señalada en los documentos del proyecto.

La cota de cualquier punto de la mezcla asfáltica compactada en capas de base no debe variar en más de quince milímetros (15 mm) de la proyectada, y la variación no puede exceder de diez milímetros (10 mm) cuando se trate de capas intermedia y de rodadura.

Todas las áreas donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, así como aquellas en que se presente retención de agua en la superficie, deben ser corregidas por el constructor de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta ser aprobado por este, sin costo adicional para INVÍAS.

Además, se deben realizar las siguientes verificaciones.

450.5.2.5.3 Compactación

La determinación de la densidad de la capa compactada se debe realizar, como mínimo, en cinco (5) sitios por lote. Los sitios para la toma de muestras o las mediciones *in situ* 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.

Para el control de la compactación de una capa de mezcla en caliente de gradación continua, se debe calcular su grado de com-pactación, a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno (ρ_i) y de los ensayos de gravedad específica máxima (G_{mm}) de laboratorio, mediante la siguiente expresión:

$$GC_i = \frac{\rho_i}{G_{mm} * \rho_w} * 100 \quad [450.7]$$

Donde:

GC_i, valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

ρ_i, valor individual de la densidad en el terreno, determinado por alguno de los métodos descritos en las normas INV E-733, INV E-734, INV E- 746, INV E-787 o INV E-802.

G_{mm}, valor de la gravedad específica máxima de la mezcla, determinada mediante las normas de ensayo INV E-735 o INV E-803 sobre una muestra representativa del lote, según el numeral 450.5.2.4.1.

ρ_w, densidad del agua a veinticinco grados Celsius (25 °C) (77 °F), expresada en las mismas unidades que ρ_i (997,0 kg/m^3 o 0,997 g/cm^3).

Para el control de la compactación se deben aplicar los siguientes criterios:

$GC_l\ (90) \geq GC_{mín}$ se acepta el lote **[450.8]**

$GC_l\ (90) < GC_{mín}$ se rechaza el lote **[450.9]**

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; se debe calcular 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_l).

$GC_{mín}$, grado de compactación mínimo, en porcentaje, según la Tabla 450 — 13.

Para los fines de determinar la conformidad con los valores indicados en la Tabla 450 — 13, el valor calculado del grado de compactación, expresado en porcentaje, se debe redondear al primer decimal, de acuerdo con el método del redondeo de la norma INV E-823.

La toma de muestras testigo se debe realizar de acuerdo con la norma INV E-758.

Solo se debe aceptar la determinación de la densidad de la capa compactada por medio de densímetros nucleares (norma de ensayo INV E-746) si se garantiza, sin lugar a ninguna duda, que la medición del aparato abarca, única y exclusivamente, el espesor total de la capa que se está verificando.

Tabla 450 — 13. Grado de compactación mínimo ($GC_{mín}$)

Tipo de capa	Grado de compactación mínimo ($GC_{mín}$) (%)		
	Nivel de tránsito		
	NT1	NT2	NT3
Rodadura	94,0	94,0	93,0
Intermedia	92,0	92,0	92,0
Base	-	91,0	91,0
Alto módulo	-	-	93,0

En caso de rechazo, la capa de mezcla densa en caliente correspondiente al lote controlado se debe retirar preferiblemente mediante fresado, y ser repuesta por otra de calidad satisfactoria hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor.

450.5.2.5.4 Espesor

Sobre la base del lote escogido para el control de la compactación y en los mismos puntos de verificación, se debe determinar el espesor promedio de la capa compactada (e_m), el cual no puede ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad [450.10]$$

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) debe ser, como mínimo, igual al noventa y ocho por ciento (98 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0{,}98 * e_d \quad [450.11]$$

Si alguno de estos requisitos se incumple, se debe proceder como se indica a continuación. Todas las labores de corrección las debe ejecutar el constructor, sin cargo adicional para INVÍAS.

450.5.2.5.4.1 Para capas de rodadura

El constructor debe proceder a fresar y remover la capa y reponerla en el espesor adecuado o, alternativamente y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, a colocar una capa adicional del mismo tipo de mezcla de cincuenta milímetros (50 mm) de espesor compacto, cumpliendo todos los requisitos de calidad de esta especificación. El riego de liga que se deba colocar para adherir las capas se debe ejecutar en acuerdo con el artículo 421.

Si la capa adicional no cumple alguno de los requisitos de este artículo, esta se debe fresar y reponer con una nueva de calidad satisfactoria, sin costo alguno para INVÍAS.

450.5.2.5.4.2 Para capas intermedias

Si el espesor promedio del lote es inferior al noventa y ocho por ciento del espesor de diseño ($e_m < 0{,}98 * e_d$), la capa que constituye el lote se debe rechazar y se debe levantar mediante fresado, y debe ser repuesta en el espesor adecuado, hasta ser aprobada por el interventor, sin costo alguno para INVÍAS.

Si el espesor promedio del lote es igual o mayor al noventa y ocho por ciento del espesor de diseño ($e_m \geq 0{,}98 * e_d$) y no existen deficiencias de lisura en la capa terminada, se debe autorizar compensar la deficiencia de espesor con el espesor adicional correspondiente en la capa de rodadura, sin costo adicional para INVÍAS.

Si la deficiencia ocurre en una capa elaborada con una mezcla de alto módulo, la compensación a que se hace referencia en el párrafo anterior no se debe realizar en un espesor igual al de la misma, sino el que resulte al verificar el dimensionamiento de la estructura, con el mismo método empleado en el diseño original. Si el constructor no acoge por escrito estas determinaciones, la capa que constituye el lote se debe rechazar y se debe levantar mediante fresado, y debe ser repuesta en el espesor adecuado, hasta ser aprobada por el interventor, sin costo alguno para INVÍAS.

450.5.2.5.4.3 Para capas de base

Si el espesor promedio del lote es inferior al noventa y ocho por ciento del espesor de diseño ($e_m < 0{,}98 * e_d$), la capa que constituye el lote se debe rechazar y se debe levantar mediante fresado, y se debe reponer con el espesor adecuado, hasta ser aprobada por el interventor, sin costo alguno para INVÍAS.
Si el espesor promedio del lote es igual o mayor al noventa y ocho por ciento del espesor de diseño ($e_m < 0{,}98 * e_d$) y no existen deficiencias de lisura en la capa terminada, se debe autorizar compensar la deficiencia de espesor con el espesor adicional correspondiente en la capa superior, sin costo adicional para INVÍAS.

Si la deficiencia ocurre en una capa de base elaborada con una mezcla de alto módulo y la capa intermedia no debe ser elaborada con una mezcla de alto módulo, la compensación a que se hace referencia en el párrafo anterior no se debe realizar con un espesor igual al de la misma, sino el que resulte al verificar el dimensionamiento de la estructura, con el mismo método empleado en el diseño original. Si el constructor no acoge por escrito estas determinaciones, la capa que constituye el lote se rechaza y debe ser levantada mediante fresado y repuesta con el espesor adecuado, hasta ser aprobada por el interventor, sin costo alguno para INVÍAS.

En todos los casos en que la mezcla se debe fresar y reponer por presentar deficiencias en relación con el espesor, el material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor.

450.5.2.5.5 Segregación térmica

En el caso de vías que presenten niveles de tránsito NT3, el constructor debe entregar al interventor un registro termográfico, de las temperaturas de extensión y compactación de toda la mezcla colocada, debidamente referenciado (norma INV E-788). Estos registros deben ser entregados al interventor a más tardar una semana después de la pavimentación del sector fotografiado y antes de la toma de núcleos para verificar la densidad. Estas fotografías tienen dos usos:

- Durante la construcción, el interventor puede ordenar la toma de núcleos en los sitios donde las imágenes muestren la presencia de sitios de menor temperatura, para verificar el porcentaje de vacíos de la mezcla colocada.
- Al final de la obra, las imágenes deben ser incluidas en el informe final de interventoría y deben servir a INVÍAS como antecedente técnico si se presentan deterioros del pavimento durante el periodo de garantía, como consecuencia de la segregación térmica durante la construcción de las capas asfálticas.

450.5.2.5.6 Planicidad

La superficie acabada no puede presentar zonas de acumulación de agua, ni irregularidades mayores de diez milímetros (10 mm) en capas de rodadura o quince milímetros (15 mm) en capas de base o intermedias y bacheos, cuando se compruebe con una regla de tres metros (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 el interventor escoja al azar, los cuales no pueden estar afectados por cambios de pendiente. Las zonas que presenten deficiencias de este tipo se deben retirar preferiblemente mediante fresado, y

ser repuestas por otra de calidad satisfactoria hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor.

450.5.2.5.7 Textura

Las medidas de textura se deben realizar en los treinta días (30 d) de compactación de la capa, mediante el método descrito en la norma de ensayo INV E-791.

El número mínimo de puntos por controlar por lote debe ser de tres (3), que se deben ampliar a cinco (5), si la textura obtenida en uno (1) de los tres (3) primeros es inferior a la especificada. Dichos puntos se deben elegir al azar, de acuerdo con la norma INV E-730.

La profundidad media de textura del lote no puede ser menor al mínimo admisible, que se defina en los documentos del proyecto, el cual no puede ser inferior a cero coma nueve milímetros (0,9 mm). Ningún valor individual puede ser inferior en más de veinte por ciento (20 %) al promedio mínimo exigido y no pueden existir áreas con evidencias indudables de segregación.

Si este requisito no se cumple, la capa de rodadura correspondiente al lote controlado se debe retirar preferiblemente mediante fresado, y ser repuesta por otra de calidad satisfactoria hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor. Alternativamente y a opción del constructor, y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, este puede colocar una capa adicional de una mezcla del mismo tipo con el correspondiente riego de liga, sin costo adicional para INVÍAS, del mismo espesor compacto que la anterior, para cumplir todos los requisitos de calidad de esta especificación.

450.5.2.5.8 Resistencia al deslizamiento

Una vez transcurridos, como mínimo, treinta días (30 d) de la puesta en servicio, se deben hacer las determinaciones de la resistencia al deslizamiento sobre mezclas densas en caliente construidas para servir como capas de rodadura.

Debido a que la resistencia al deslizamiento se encuentra relacionada directamente con la seguridad de los usuarios, los puntos para su determinación en cada lote no se deben elegir al azar, sino que el interventor los debe ubicar en los lugares que considere más sensibles al deslizamiento vehicular en condición de superficie húmeda.

Las medidas se deben realizar con 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 y por cada zona singular (glorieta, intersección, zona de frenado, etc.) incluida dentro del lote, y ninguna de ellas puede presentar un valor inferior al límite indicado en la Tabla 450 — 14, de acuerdo con el tránsito de diseño y el tipo de sección.

En caso de que se presenten valores menores, el interventor debe realizar medidas adicionales, para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual debe ser corregida por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS. Para ello, la capa de mezcla densa en caliente correspondiente al lote controlado se debe retirar preferiblemente mediante fresado, y

ser repuesta por otra de calidad satisfactoria hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor. Alternativamente y a opción del constructor, y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, este puede colocar una capa adicional de una mezcla del mismo tipo, sin costo adicional para INVÍAS, de cincuenta milímetros (50 mm) de espesor compacto, que cumpla todos los requisitos de calidad de esta especificación. El riego de liga que se deba colocar para adherir las capas debe ejecutarlo de acuerdo con el artículo 421, sin costo adicional para INVÍAS.

La resistencia al deslizamiento se puede verificar también con dispositivos de rueda parcialmente bloqueada (norma de ensayo INV E-815). En tal caso, la especificación particular debe indicar el equipo autorizado, así como los valores mínimos por alcanzar, los cuales deben ser, cuando menos, equivalentes a los señalados en la Tabla 450 — 14 para el péndulo británico.

Tabla 450 — 14. Valores mínimos admisibles del coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo británico

Tipo de capa	Coeficiente de resistencia al deslizamiento, mínimo		
	NT1	NT2	NT3
Glorietas; curvas con radios menores 200 m; pendientes ≥ 5 % en longitudes de 100 m o más; intersecciones; zonas de frenado frecuente	50	55	60
Otras secciones	45	50	50

450.5.2.5.9 Regularidad superficial

El 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 ASTM E950.

Para efectos de la evaluación con fines de recibo, las medidas se deben hacer en cada uno de los carriles del pavimento construido y los valores del IRI se deben presentar 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 debe haber 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 debe definir el interventor, con su ubicación respectiva (carril y abscisa), antes de proceder a la determinación del 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 450 — 15.

Si la proporción de hectómetros donde los resultados de la regularidad superficial (IRI) exceden los límites especificados no es superior a veinte por ciento (20 %) del total del lote, el interventor debe delimitar los sectores relevantes en el incumplimiento y debe ordenar su corrección, mediante el fresado y la colocación de una nueva capa de mezcla asfáltica. El interventor debe establecer los espesores por fresar y reponer en cada tramo, y todos los costos que impliquen estas correcciones, deben ser asumidos por el constructor. El material fresado es de propiedad del constructor.

Si la proporción de hectómetros donde los resultados de IRI exceden los límites especificados es mayor del veinte por ciento (20 %) del total del lote, toda la longitud de este debe ser fresada y repuesta en el mismo espesor. El fresado, traslado y disposición del material demolido y la reconstrucción de la capa, con la calidad exigida por el presente artículo, están a cargo del constructor. El material demolido es de propiedad del constructor. Este, a su vez, no puede invocar las reparaciones o reconstrucciones debidas a deficiencias en la regularidad superficial, como causal para incumplir el programa de trabajo.

Tabla 450 — 15. Valores máximos admisibles de IRI (m/km)

Porcentaje (%) de hectómetros	Pavimentos de construcción nueva y rehabilitados en espesor > 10 cm			Pavimentos rehabilitados en espesor ≤ 10 cm		
	NT1	NT2	NT3	NT1	NT2	NT3
40	2,4	1,9	1,4	2,9	2,4	1,9
80	3,0	2,5	2,0	3,5	3,0	2,5
100	3,5	3,0	2,5	4,0	3,5	3,0

450.5.2.5.10 Construcción de capas de renivelación

Las mezclas para la construcción de capas de renivelación de un pavimento existente deben cumplir los mismos requisitos que se exigen cuando se coloca como capa de base, si su espesor compacto es mayor o igual a setenta y cinco milímetros (75 mm). En caso contrario, deben cumplir los requisitos exigidos a la capa intermedia.

450.5.2.5.11 Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al constructor

Cuando sea necesario efectuar correcciones a las capas asfálticas por modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al constructor, el interventor debe delimitar el área afectada y debe ordenar las correcciones necesarias, por cuyo trabajo debe autorizar el pago al constructor, con el consentimiento previo de INVÍAS, al respectivo precio unitario del contrato.

450.5.2.5.12 Medidas de deflexión

El interventor debe verificar la homogeneidad de la estructura construida al nivel de la capa de mezcla asfáltica en caliente, realizando medidas de deflexión con alguno de los dispositivos presentados en la norma de ensayo INV E-797, de acuerdo con el procedimiento normal aplicable a este. Los resultados de las medidas, que se deben realizar en tresbolillo cada veinte metros (20 m), no deben constituir base para aceptación o rechazo de la capa construida, sino que sirven a INVÍAS para verificar la homogeneidad de la estructura que se construye y realizar los ajustes que pudieran resultar necesarios para el diseño estructural del pavimento.

En todo caso, se recomienda en la medida de lo posible que no se emplee la Viga Benkelman para las mediciones de las deflexiones de la capa, especialmente en niveles de tránsito altos como el NT3.

450.6 Medida

Rige lo descrito en el artículo 400 y, en particular, en el numeral 400.6.2. Para bacheos, se aplica lo especificado en el numeral 400.6.3 del mismo artículo.

450.7 Forma de pago

Rige lo descrito en el artículo 400 y en particular en el numeral 400.7.3 del mismo artículo.

450.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
450.1	Mezcla densa en caliente tipo MDC-25	Metro cúbico (m^3)
450.2	Mezcla densa en caliente tipo MDC-19	Metro cúbico (m^3)
450.3	Mezcla densa en caliente tipo MDC-10	Metro cúbico (m^3)
450.4	Mezcla semidensa en caliente tipo MSC-25	Metro cúbico (m^3)
450.5	Mezcla semidensa en caliente tipo MSC-19	Metro cúbico (m^3)
450.6	Mezcla gruesa en caliente tipo MGC-38	Metro cúbico (m^3)
450.7	Mezcla gruesa en caliente tipo MGC-25	Metro cúbico (m^3)
450.8	Mezcla de alto módulo MAM-25	Metro cúbico (m^3)
450.10	Mezcla en caliente para bacheo MSC-25	Metro cúbico (m^3)
450.11	Mezcla en caliente para bacheo MGC-25	Metro cúbico (m^3)
450.12	Mezcla en caliente para bacheo MGC-38	Metro cúbico (m^3)
450.13	Mezcla de alto módulo MAM-19	Metro cúbico (m^3)

Nota: se debe elaborar un ítem de pago diferente, para cada tipo de mezcla y capa que forme parte del contrato. Ellos se deben identificar agregando cifras al esquema numerado del ítem. Por ejemplo, si el contrato considera dos mezclas del tipo MDC-25, una para capa de rodadura y otra para capa intermedia, se puede identificar así:

450.1.1 Mezcla densa en caliente tipo MDC-25 para capa de rodadura.
450.1.2 Mezcla densa en caliente tipo MDC-25 para capa intermedia.

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

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)

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

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 %).

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.

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.

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.

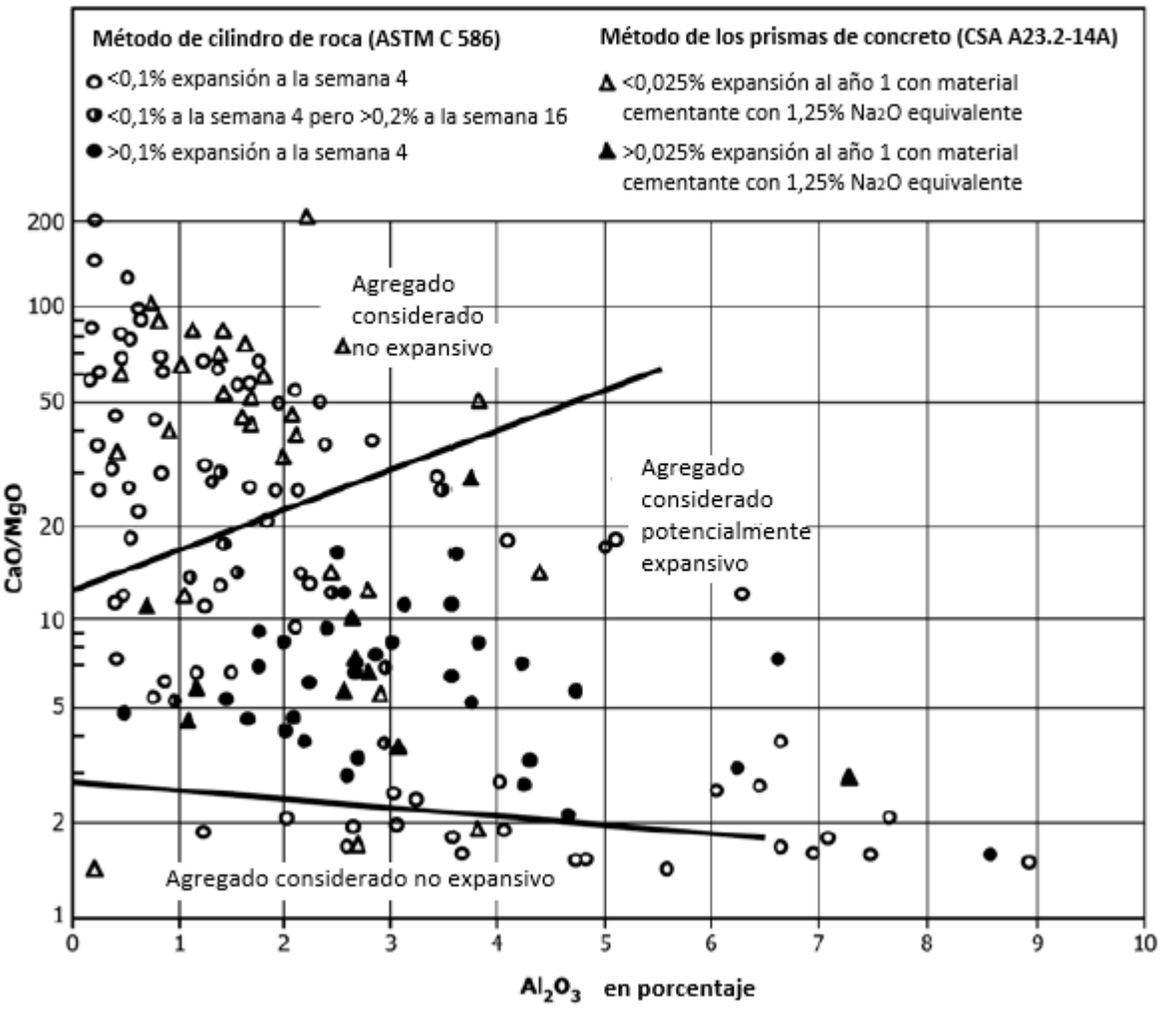


Figura 630 — 1. Franjas de composición para calificar el potencial de reacción álcali-carbonato de rocas calcáreas

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.

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

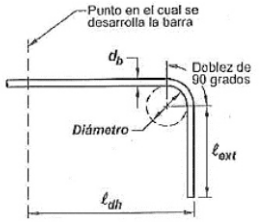
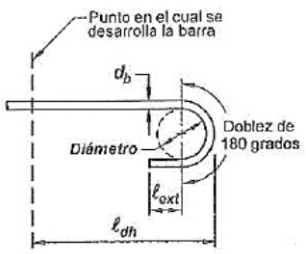
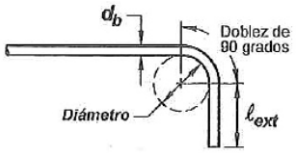
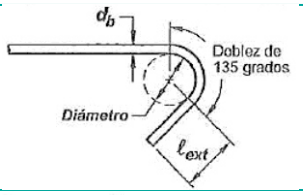
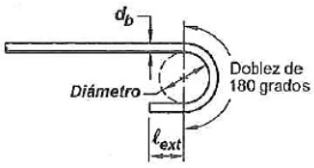
Tipo de gancho estándar	Diámetro de la barra	Diámetro interior mínimo de doblado (mm)	Extensión recta [1], ℓ_{ext} (mm)	Tipo de gancho estándar
Gancho de noventa grados (90°)	Nro. 10 a nro. 25	6_{db}	12_{db}	
	Nro. 29 a nro. 36	8_{db}		
	Nro. 43 y nro. 57	10_{db}		
Gancho de ciento ochenta grados (180°)	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}		

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.

Acero de preesfuerzo

Artículo 641 – 22

641.1 Descripción

Este trabajo consiste en el suministro, colocación y tensionamiento de acero de preesfuerzo, de acuerdo con los detalles indicados en los documentos del proyecto y las exigencias de esta especificación. Consiste, además, en el suministro e instalación de todos los accesorios necesarios para los diferentes sistemas de preesfuerzo usados, incluyendo ductos, ancla-jes e inyecciones de lechada.

641.2 Materiales

641.2.1 Acero de preesfuerzo

El acero de preesfuerzo consiste en cables de acero de alta resistencia de siete (7) alambres, alambre de acero de alta resistencia o barras de alta resistencia del tipo y grado especificados en los documentos del proyecto o en las especificaciones que se mencionan a continuación.

Si los documentos del proyecto solo indican las fuerzas de preesfuerzo y las ubicaciones de aplicación, la selección del tamaño y tipo de acero debe corresponder al constructor. Dicha selección debe contar con la aprobación del diseñador conforme con el numeral 5.4.4.1. de la Norma Colombiana de Diseño de Puentes y la aprobación del interventor.

641.2.1.1 Cables

Los cables (torones) de siete (7) alambres de baja relajación, sin revestimiento, deben cumplir lo especificado en las normas AASHTO M 203, NTC 2010 (ASTM A416).

641.2.1.2 Alambres

Los alambres de acero sin recubrimiento, deben cumplir los requisitos de las normas AASHTO M 204, NTC 159 o ASTM A421.

641.2.1.3 Barras

Las barras de alta resistencia sin recubrimiento, deben cumplir los requisitos de las normas AASHTO M 275, NTC 2142 o ASTM A722. Se pueden usar barras con resistencia última mayor a la señalada en las normas anteriores, siempre y cuando se demuestre que poseen propiedades superiores a las especificadas y sea autorizado su uso por el diseñador estructural.

Todo cable, alambre o barra que se remita al sitio, debe tener un número de envío para efectos de identificación. Los anclajes se deben identificar de igual manera.

Cada lote de alambre o barras y cada rollo de cable, deben estar acompañados de un certificado de fábrica que incluya: características técnicas, composición química, sección

transversal, esfuerzos de fluencia y último, elongación a la rotura, módulo de elasticidad, y curva esfuerzo deformación del acero que se pretende utilizar. La resistencia real del acero de preesfuerzo no debe ser menor que la especificada en los diseños y en la norma aplicable, y las pruebas se deben realizar según los procedimientos de dicha norma.

641.2.2 Anclajes y acoples

Todos los anclajes y acoples deben desarrollar al menos el noventa y cinco por ciento (95 %) de resistencia última especificada para el acero de preesfuerzo, al ser probados antes de adherirlos, sin exceder el asentamiento del anclaje esperado en el diseño. Los acoples de tendones no deben reducir la elongación de rotura por debajo de los requisitos del tendón mismo. Los acoples o sus componentes deben estar encerrados en camisas que permitan los movimientos necesarios. Los acoples solamente se pueden utilizar en los sitios mostrados en los documentos del proyecto o aprobados por el diseñador y el interventor. No se pueden emplear en sitios donde se presenten fuertes curvaturas de los torones.

Los dispositivos de anclaje para cables no adheridos, deben ser capaces de transmitir al concreto una carga igual a la capacidad del cable bajo las condiciones de carga estática y cíclica. Se deben verificar los asentamientos en los anclajes acorde con lo exigido en el numeral 5.9.5.2.1. de la Norma Colombiana de Diseño de Puentes.

Para sistemas adheridos, se realizan dos (2) pruebas dinámicas en un espécimen de acople y anclaje representativo, los tendones deben soportar sin falla quinientos mil (500 000) ciclos del sesenta al sesenta y seis por ciento (60 % – 66 %) de su resistencia ultima mínima especificada y cincuenta (50) ciclos del cuarenta al ochenta por ciento (40 % – 80 %) de su resistencia ultima mínima especificada. Se pueden usar diferentes especímenes para cada en-sayo.

Para aceptación de los dispositivos de anclaje, el interventor puede ordenar la ejecución de las pruebas especificadas en el numeral 10.3.2.3 de AASHTO LRFD Bridge Construc-tion Speci-fications, las cuales debe ejecutar el constructor, sin costo adicional con cargo al contrato de obra celebrado por el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS). Por tanto, en la elaboración del presupuesto de obra, el constructor debe tener en cuenta esta especi-ficación para que no se afecte la economía del contrato durante la ejecución.

Los acoples deben alojarse en cajas suficien-temente largas para permitir los movimientos necesarios.

Cualquier refuerzo suplementario requerido en la zona local del anclaje, para resistir concen-traciones de esfuerzos en la vecindad de este, que sea dependiente de la configuración del anclaje, debe ser considerado parte integrante del anclaje. Dicho refuerzo debe diseñarse por el proveedor del anclaje, y colocado adicional-mente al refuerzo general de la zona que se muestre en los documentos del proyecto.

641.2.3 Ductos

Los ductos utilizados para proveer las cavida-des en el concreto, para la colocación de cables de postensionamiento, pueden estar

formados bien sea por núcleos removibles o por ductos rígidos o semirrígidos que se deben colocar dentro del concreto. Los ductos formados por núcleos removibles, no deben tener reducciones que tiendan a cerrar el paso de la lechada. Todos los materiales del núcleo de-ben removerse. Los ductos formados, que deban quedar embebidos, no deben permitir el paso de la lechada, deben ser capaces de transferir los esfuerzos de contacto y deben conservar su forma bajo el peso del concreto, manteniendo el alineamiento sin pandeos visibles durante el vaciado del concreto.

641.2.3.1 Ductos metálicos

Los ductos laminados deben ser metálicos, a menos que se apruebe algo diferente; de metal ferroso galvanizado y fabricados con uniones soldadas o trabadas. No se requiere la galvanización de la unión soldada. Los ductos rígidos deben tener paredes interiores suaves y deben ser capaces de resistir curvaturas hasta los límites requeridos, sin sufrir achatamiento. Los ductos semirrígidos deben ser corrugados, y cuando los tendones sean insertados con posterioridad a la colocación del concreto, el espesor mínimo de pared debe ser calibre veintiséis (26) para ductos de diámetros menores o iguales a sesenta y siete milímetros (67 mm), y calibre veinticuatro (24) para diámetros mayores. Cuando los tendones son preensamblados con dichos ductos, el espesor de pared del ducto no debe ser inferior al calibre treinta y uno (31).

641.2.3.2 Ductos plásticos

Como alternativa a los ductos metálicos, los ductos para tendones transversales en placas de piso y en otros sitios mostrados en los documentos del proyecto o aprobados por el interventor, pueden ser de polietileno de alta densidad, de acuerdo con la NTC 2935 (ASTM D3350), con una clasificación de celda de 345464A. Los ductos de polietileno no se pueden usar cuando el radio de curvatura del tendón sea inferior a nueve metros (9 m).

Si se usan ductos de polipropileno, deben cumplir con la NTC 2966 (ASTM D4101) con una clasificación de celda entre PP0340B14541 a PP0340B67884. Usar resina conteniendo antioxidantes con un tiempo mínimo de inducción de oxidación (OIT) acorde con la norma ASTM D3895 de no menos de veinte minutos (20 min). Los ductos de polipropileno no se pueden usar cuando el radio de curvatura del tendón sea inferior a nueve metros (9 m).

Los ductos semirrígidos de polietileno, que se usen completamente embebidos en el concreto, deben ser corrugados, con un espesor mínimo de material de uno coma tres milímetros más o menos cero coma tres milímetros (1,3 mm ± 0,3 mm). Tales ductos deben tener una cubierta exterior blanca, o ser de material blanco con estabilizadores ultravioletas incorporados.

Los ductos rígidos de polietileno para uso donde el tendón no esté embebido en el concreto, deben ser de tubería rígida fabricada según la NTC 2935 (ASTM D3350) con una clase de celda mínima de 344464C. Una resina conteniendo antioxidantes con un tiempo mínimo de inducción de oxidación (OIT) acorde con la norma ASTM D3895 de no menos de cuarenta minutos (40 min). Estos

ductos deben tener una relación diámetro/espesor de pared de diecisiete (17) conforme con ASTM D3895 o ASMT F714.

Para aplicaciones donde los ductos de polietileno estén expuestos a la luz solar o ultravioleta, se debe incorporar un compuesto negro de carbón a la resina de polietileno del ducto, para proveer resistencia a la degradación por luz ultravioleta (Clase D) de acuerdo con la norma ASTM D 1248.

641.2.3.3 Área de ductos

El diámetro interior de los ductos debe ser al menos de seis coma treinta y cinco milímetros (6,35 mm) mayor que el diámetro nominal del alambre, barra o cable o, en el caso de tendones de varios cables, el área del ducto debe ser al menos dos (2) veces el área neta del acero de preesfuerzo. Cuando los tendones se coloquen por el método de halado a través del ducto, el área del ducto debe ser al menos dos coma cinco (2,5) veces al área neta del acero de preesfuerzo.

El tamaño de los ductos no debe ser mayor que cero coma cuatro (0,4) veces el menor espesor bruto del concreto en el sitio del ducto.

641.2.3.4 Accesorios de los ductos

Los acoples y transiciones de los ductos formados por láminas deben ser de metal ferroso o polietileno, deben ser a prueba de entrada de lechada y poseer la suficiente resistencia para prevenir distorsión o desplazamiento de los ductos durante la colocación del concreto. Todos los ductos de los ensambles de anclaje deben proveerse de tubos u otras conexiones apropiadas en cada extremo del ducto para la inyección de lechada posterior al preesfuerzo. Deben tener, también, orificios de ventilación en los puntos altos y de drenaje en puntos intermedios bajos. Los tubos de ventilación y drenaje deben ser de un diámetro mínimo de diecinueve milímetros (19 mm) para tendones o al menos de doce coma cinco milímetros (12,5 mm) para tendones de barra simple o tubos plásticos apropiados. Las conexiones a ductos se deben hacer con sujetadores metálicos o plásticos. Las ventilaciones y drenajes deben ser a prueba de mortero y se deben proveer medios para inyección a través de las ventilaciones y para sellado que evite fugas de lechada.

641.2.3.5 Inhibidor de corrosión

Debe ser del tipo VPI según la especificación MIL-P-3420F-87. Cuando sea aprobado por el interventor, se puede utilizar aceite soluble en agua.

641.2.3.6 Lechada

Los materiales para la lechada de inyección, deben cumplir los requisitos indicados en el numeral 631.2 del artículo 631, Lechada para ductos de concreto preesforzado.

Se requiere una (1) prueba diaria en campo de fluidez, sangrado a los tres días (3 d) y permeabilidad de la lechada.

641.3 Equipo

Los gatos hidráulicos usados para tensionar el acero, deben ser capaces de proveer y sostener las fuerzas necesarias y deben estar equipados con manómetros de presión o

celdas de carga, para determinar el esfuerzo de gateo. El sistema debe permitir medir independientemente la elongación del cable. El manómetro debe tener una escala apropiada, y debe estar debidamente calibrado, hecho del cual el constructor debe entregar al interventor la certificación correspondiente. Las celdas de carga deben tener un indicador que permita establecer la fuerza de tensionamiento. El rango de lectura debe ser tal, que no se utilice el diez por ciento (10 %) inferior de la capacidad certificada por el fabricante, para determinar la fuerza de gateo. Los manómetros y celdas de carga se deben recalibrar con frecuencia. Solamente se puede usar llama de oxígeno o elementos mecánicos de corte para cortar cables, después de la instalación del elemento o después del preesfuerzo. No se deben usar soldadores de arco eléctrico.

El equipo para la preparación e inyección de la lechada se describe en el numeral 631.3 del artículo 631.

641.4 Ejecución de los trabajos

641.4.1 Planos de trabajo

Cuando los documentos del proyecto no incluyan detalles completos del sistema de preesfuerzo y su método de instalación, o cuando los detalles completos mostrados en los documentos del proyecto puedan ser objeto de modificación por parte del constructor, este debe preparar y remitir sin costo adicional para INVÍAS y aprobación del interventor, la información completa sobre los sistemas que se propone utilizar. Los planos de trabajo deben mostrar detalles completos y memorias de cálculo justificativas, descripción de materiales y equipos, e incluir posibles modificaciones a la disposición del acero de refuerzo o a las dimensiones del concreto evidenciadas en los documentos del proyecto. Estos detalles deben mostrar la secuencia de preesfuerzo, especificaciones del acero, de los anclajes, esfuerzos de trabajo, esfuerzos en el anclaje, elongación de los tendones, tipos de ductos y cualquier otro dato pertinente, incluyendo la distribución del acero de preesfuerzo en el miembro. Los planos de trabajo deben ser enviados al interventor con la suficiente anti-cipación para permitir su revisión, ajuste y aprobación, sin que se afecte el programa de trabajo.

641.4.2 Pruebas del acero de preesfuerzo y anclaje

El interventor puede ordenar las pruebas que considere necesarias sobre muestras tomadas de los lotes suministrados por el constructor, las cuales deben ser proporcionadas por este, sin costo para INVÍAS.

Para acero de pretensado se debe suministrar una muestra de dos metros (2 m) de largo, como mínimo, por cada lote de veinte toneladas (20 t) de acero, debiendo cortarse las muestras de los extremos de los rollos.

Para las pruebas requeridas en el acero de postensado, se proporcionan las siguientes longitudes:

- Uno coma cinco metros (1,5 m) para alambres que requieran cabezas.
- Para alambres que no requieran cabezas, una longitud suficiente para hacer un cable de tendido paralelo de uno coma cinco metros (1,5 m) de largo, consistente del

mismo número de alambres con que el cable va a ser habilitado en obra.

- Para torones con accesorios de anclaje, uno coma cinco metros (1,5 m) entre los extremos más cercanos de los accesorios.
- Para barras con extremos roscados y tuercas, uno coma cinco metros (1,5 m) entre los extremos más cercanos de las roscas.

Si las pruebas a ser efectuadas así lo requieren, se deben proporcionar dos (2) anclajes adicionales completos, incluyendo placas de repartición y demás aditamentos propios del sistema.

641.4.3 Protección, transporte y almacenamiento

El constructor debe proteger tanto el acero de preesfuerzo como los anclajes, ductos y otros accesorios a ser utilizados, cuidando la limpieza de los mismos y tomando las medidas necesarias para preservarlos de la corrosión, con el fin de garantizar que, en todo momento, se mantenga su calidad.

Durante el transporte, tanto el acero de preesfuerzo como los demás elementos de acero, se deben envolver en papel impermeable u otro material que los proteja de la humedad.

Los alambres y cables no se deben enrollar en diámetros pequeños, para evitar la formación de microfisuras superficiales que propician la corrosión a bajo esfuerzo.

Los ductos se deben manejar con cuidado durante su carga, transporte y descarga, para evitar daños y dobleces que los puedan perjudicar posteriormente.

El almacenamiento de estos materiales se debe efectuar en locales cerrados y secos, evitando su proximidad a refinerías y plantas industriales. Los rollos se deben apilar según los diferentes lotes de fabricación e identificar adecuadamente. El apilamiento se debe hacer sobre tarimas que queden separadas del suelo por lo menos treinta centímetros (30 cm).

Para almacenamiento por períodos no superiores a tres (3) meses, se debe permitir el recubrimiento del material con un toldo, además de protegerlo con el inhibidor de corrosión.

641.4.4 Dirección y asesoría de los trabajos

El constructor debe proporcionar un técnico calificado en el uso del sistema de preesfuerzo a ser utilizado, quien debe dirigir la correcta ejecución de todas las operaciones requeridas.

641.4.5 Aprobación del sistema por usar

Para cualquier sistema que utilice el principio de preesfuerzo, el constructor debe demostrar y garantizar plenamente su eficacia, seguridad y funcionalidad, puestas de manifiesto en obras similares ejecutadas con anterioridad.

641.4.6 Colocación de los ductos

Los ductos se deben soportar rígidamente en intervalos adecuados dentro de las formaletas mediante amarres al acero de refuerzo, que

eviten el desplazamiento durante la colocación del concreto. De ser necesario, se deben usar barras suplementarias. Las juntas entre secciones de ductos deben acoplarse con conexiones efectivas que no resulten en cambios de ángulo en las juntas y que prevengan la entrada de pasta de cemento del concreto. Después de colocar los ductos, y el refuerzo y la formaleta se encuentren en su sitio, se debe realizar una inspección para detectar posibles daños a los ductos. Todos los orificios no intencionales en los ductos deben ser reparados antes de la colocación del concreto. Las aberturas para inyección y ventilación deben anclarse seguramente al ducto y a la formaleta o al acero de refuerzo, para evitar su desplazamiento en las operaciones de vaciado. Después de instaladas las formaletas, los extremos de ductos deben cubrirse, para prevenir la entrada de agua o lechada.

Todos los ductos de estructuras continuas deben ser ventilados en los puntos más altos del perfil, excepto cuando la curvatura es pequeña, como en placas continuas, y en los sitios adicionales indicados en los documentos del proyecto. Donde se anticipe congelamiento antes de la inyección, se deben instalar drenajes en los puntos más bajos, para prevenir la acumulación de agua. Estos drenajes deben permanecer abiertos hasta la iniciación de los trabajos de inyección. Los extremos de ventilaciones y drenajes se deben remover hasta veinticinco milímetros (25 mm) por debajo de la superficie del concreto después de terminar la inyección, y los orificios llenados con mortero.

641.4.7 Colocación del acero de preesfuerzo

641.4.7.1 Colocación para pretensionamiento

El acero de preesfuerzo se debe instalar precisamente dentro de las formaletas y mantener en su sitio mediante los gatos o anclajes temporales u otros accesorios especiales. Los accesorios que se implementan en los cambios de pendiente de la trayectoria, deben ser de baja fricción, debidamente aprobados. El acero de preesfuerzo no se debe retirar de su cubierta protectora mientras no se vaya a colocar el concreto, debiéndose tomar todas las medidas necesarias para evitar la corrosión. Todo el acero de preesfuerzo preensamblado en ductos e instalado antes de la colocación del concreto, debe ser asegurado y mantenido en su sitio adecuadamente.

641.4.7.2 Colocación para postensionamiento

Cuando el acero se instale con posterioridad a la colocación del concreto, el constructor debe demostrar que los ductos se encuentran libres de agua o lechada antes de la instalación del acero. El número total de cables en un tendón individual puede ser colocado en un solo tiempo, o los cables individuales pueden ser colocados uno a uno. Los accesorios de anclaje deben ser ubicados en su sitio, de modo que su eje coincida con el eje del tendón y las platinas de anclaje sean normales en todas direcciones al tendón.

El acero de preesfuerzo se debe distribuir de modo que la fuerza en cada elemento corresponda a las indicaciones de los documentos del proyecto. Para vigas cajón con más de dos (2) nervios, si los documentos del proyecto así lo permiten, la fuerza de preesfuerzo puede variar hasta un cinco por ciento (5 %) respecto de la fuerza teórica requerida por nervio, siempre que la fuerza total requerida se obtenga, y que esta se distribuya simétricamente en la sección.

641.4.7.3 Protección del acero después de la instalación

El acero de preesfuerzo instalado en elementos antes del vaciado y curado del concreto, o instalado en el ducto, pero no inyectado dentro de los límites de tiempo dados a continuación, debe ser protegido contra corrosión mediante un compuesto inhibidor colocado en el ducto o directamente sobre el acero. El acero de preesfuerzo colocado con posterioridad al vaciado y curado del concreto e inyectado dentro de los límites de tiempo siguientes, no requiere el uso de inhibidores de corrosión.

- Atmósfera húmeda o a nivel del mar, con humedad relativa mayor del setenta por ciento (70 %), no deben pasar más de siete días (7 d).
- Atmósfera moderada, con humedad relativa entre el cuarenta y setenta por ciento (40 % – 70 %), no deben pasar más de quince días (15 d).
- Atmósfera seca, con humedad relativa menor del cuarenta por ciento (40 %), no deben pasar más de veinte días (20 d).

Una vez que los tendones se hayan colocado en los ductos, las aberturas en los extremos deben ser selladas para prevenir la entrada de humedad. Cuando se use curado con vapor, el acero de preesfuerzo no se debe instalar hasta tanto no se haya terminado el curado. Cuando se realice soldadura eléctrica en cercanías de miembros que tengan acero de preesfuerzo, la conexión a tierra se debe sujetar directamente al acero que se esté soldando. Todos los elementos se deben proteger de la caída de chispas o escoria de soldadura.

641.4.8 Tensionamiento

641.4.8.1 Generalidades

El acero de preesfuerzo debe ser tensionado mediante gatos hidráulicos para producir las fuerzas mostradas en los documentos del proyecto, con los debidos márgenes para pérdidas. Las pérdidas deben corresponder adecuadamente con los análisis. Para el caso de postensionamiento, se debe, además, incluir la pérdida por corrimiento del anclaje, dependiendo del sistema utilizado.

Durante el tensionamiento de cables, las fallas individuales de alambres pueden ser aceptadas por el interventor, siempre y cuando no más de un alambre en el cable se rompa, y el área de los alambres rotos no exceda el dos por ciento (2 %) del área total del acero de preesfuerzo en el miembro. En tal caso, la fuerza total de tensionamiento necesaria se debe alcanzar aumentando la tensión de los alambres restantes, siempre que para ello no sea preciso elevar la tensión de cada alambre individual en más de dos por ciento (2 %) del

valor inicialmente previsto. La aplicación de tensiones superiores requiere un nuevo estudio, el cual se debe efectuar con base en las características mecánicas de los materiales realmente utilizados; este nuevo estudio debe ser adelantado por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, y contar con la aprobación del interventor.

El método de tensionamiento empleado debe ser uno de los siguientes, según haya sido aprobado:

641.4.8.1.1 Pretensado

El cable o tendón se debe esforzar antes de ser embebido en el concreto. Una vez el concreto ha alcanzado su resistencia, se debe liberar el acero de los anclajes externos y la fuerza se debe transferir, por adherencia, al concreto.

641.4.8.1.2 Postensado

Los cables o tendones se deben instalar en ductos dentro del concreto y deben ser tensados y anclados después de que el concreto ha adquirido la resistencia de diseño. Como operación final, los ductos deben ser inyectados con lechada a presión.

641.4.8.1.3 Método combinado

Parte del refuerzo se debe pretensionar y parte se debe postensionar. Para este método se deben aplicar todas las condiciones particulares de cada uno de los métodos anteriores.

641.4.8.2 Resistencia del concreto

Las fuerzas de preesfuerzo no deben ser aplicadas o transferidas al concreto hasta tanto este no haya alcanzado la resistencia especificada para el tensionamiento inicial. Además, el concreto vaciado en sitio, diferente al de puentes segmentados, no debe ser postensionado hasta que hayan pasado al menos diez días (10 d) de la colocación.

641.4.8.3 Secuencia de tensionamiento

Cuando la secuencia de tensionamiento de tendones individuales no haya sido especificada, el tensionamiento de elementos postensados y la liberación de elementos pretensados deben ser realizadas en una secuencia que produzca el mínimo de fuerzas excéntricas en el miembro.

641.4.8.4 Medida de esfuerzos

El constructor debe llevar un reporte de las presiones y elongaciones de cada tendón, para revisión y aprobación del interventor. Las elongaciones se deben medir con una precisión de un milímetro (1 mm). Los sobrantes de cable de elementos postensados no deben ser cortados hasta tanto no se hayan aprobado los reportes de tensionamiento.

Los esfuerzos en los tendones durante el tensionamiento, deben ser determinados mediante las lecturas de manómetros o celdas de carga y deben ser verificados con las elongaciones medidas. Los cálculos de elongaciones esperadas deben realizarse con base en el módulo de elasticidad suministrado por el fabricante y tomando como base el área nominal, o usando propiedades medidas mediante ensayos sobre el acero utilizado en la obra.

Todos los tendones deben ser tensados preliminarmente, hasta la fuerza necesaria

para eliminar cualquier falla en el sistema de tensionamiento que pueda afectar la lectura de deformaciones. Esta fuerza preliminar puede variar entre el cinco y el veinticinco por ciento (5 % – 25 %) de la fuerza final de gateo. La fuerza inicial debe medirse con un dinamómetro o por otro método aprobado, de modo que su magnitud pueda ser usada como verificación de las elongaciones. Cada cable debe ser marcado antes del esfuerzo final, para permitir medidas de deformación y asegurar que las cuñas se acomodan correctamente.

Cuando existan discrepancias entre las medidas tomadas con manómetros y las deformaciones leídas, se debe usar una carga que, leída en el manómetro, produzca ligeros sobreesfuerzos antes que esfuerzos más bajos de lo previsto. Si esta discrepancia es mayor del cinco por ciento (> 5 %) en tendones con longitudes superiores a quince metros (15 m) y del siete por ciento (7 %) en tendones de menor longitud, toda la operación se debe revisar cuidadosamente para encontrar la fuente de error y corregirla antes de continuar con el tensionamiento.

641.4.8.5 Requisitos del método de pretensionamiento

El preesfuerzo se puede obtener mediante tensionamiento de cables individuales o grupos de ellos. La cantidad de preesfuerzo que se debe dar a cada cable, debe ser la indicada en los documentos del proyecto o aprobada por el diseñador y el interventor. Todo cable que se deba esforzar en grupo, se debe llevar a una tensión inicial antes del tensionamiento definitivo. El rango de esta fuerza de tensionamiento debe ser el mismo indicado para cables postensados; su magnitud depende de la pista de tensionamiento y del número de cables en el grupo.

Los tendones colgados pretensados deben ser tensionados parcialmente por gateo en los extremos de la pista y por levantamiento o descenso de los cables, o ser tensados en su totalidad por gateo, sosteniendo los cables mediante rodillos, pasadores u otros medios aprobados. Se deben usar accesorios de baja fricción aprobados, en los cambios de pendiente.

Si la carga en un tendón, determinada mediante las medidas de elongación, es inferior a la indicada en los manómetros del gato, en más de cinco por ciento (5 %), el cable debe ser tensionado desde ambos extremos de la pista, y las cargas calculadas con base en la suma de las dos (2) elongaciones en los extremos, deben corresponder dentro del cinco por ciento (5 %) especificado.

Cuando el interventor así lo solicite, los cables de pretensionamiento se deben verificar para pérdidas de preesfuerzo, no más de tres horas (3 h) antes de colocar el concreto. El método y los equipos de medición deben estar sujetos a aprobación del interventor. Todo cable que indique pérdidas superiores al tres por ciento (3 %) debe tensionarse hasta alcanzar la fuerza original de gateo.

Los esfuerzos en todos los cables se deben mantener mediante anclajes, hasta que el concreto alcance la resistencia especificada al momento de la transferencia. Cuando se tensionen miembros a temperaturas de más de catorce grados Celsius (14 °C) por debajo

de la temperatura del concreto en el fraguado inicial, la elongación calculada de acero de preesfuerzo debe ser incrementada para compensar la pérdida de esfuerzo ocasionada por el cambio de temperatura, pero en ningún caso el esfuerzo en el gateo debe exceder el ochenta por ciento (80 %) de la resistencia última a tensión especificada para el acero.

Los métodos de traslapo de cables deben aprobarse por el interventor, el método de traslapo debe ser capaz de desarrollar la resistencia última de los cables. Solamente se debe permitir el traslapo de un cable cuando el tensionamiento se realice por cables individuales; si el tensionamiento se hace simultáneamente en varios cables, solo se debe admitir el traslapo de un diez por ciento (10 %) de ellos, como máximo. Los cables traslapados deben ser de características similares y con el mismo giro. Todos los traslapos deben quedar por fuera de los elementos que se preesfuercen.

Todas las formaletas o accesorios que impidan las deformaciones de los elementos, deben retirarse antes de liberar el acero.

A menos que se indique algo diferente en los documentos del proyecto, todos los cables de elementos pretensados se deben cortar a ras con el extremo del miembro, y los extremos expuestos, así como una franja de veinticinco milímetros (25 mm) del concreto alrededor del cable; se deben limpiar y pintar. La limpieza se debe hacer mediante cepillo, para remover materiales que no estén firmemente adheridos. Las superficies se deben cubrir con una capa gruesa de pintura rica en zinc conforme con los requerimientos de la norma MIL-P-24441/20.

641.4.8.6 Requerimientos para postensionamiento

Antes de postensar cualquier elemento, el constructor debe demostrar que el acero de preesfuerzo esté libre y no adherido al ducto que lo contiene. A menos que el interventor apruebe lo contrario, todos los cables de cada tendón, excepto aquellos que estén en ductos planos con no más de cuatro (4) cables, deben ser tensados simultáneamente con un gato múltiple. Excepto que se apruebe algo diferente, los tendones en miembros continuos postensados deben ser gateados en cada extremo del tendón. Para tendones rectos, y cuando se permita tensionamiento en un solo extremo, el tensionamiento se puede realizar en uno (1) o ambos extremos, a decisión del constructor y aprobación del interventor.

Cabe anotar que debe llevarse rigurosamente un registro de las operaciones de tensionamiento de cada tendón, según lo indicado en el numeral 641.5.1.

641.4.9 Inyección

Cuando se use el método de postensionamiento, el acero de preesfuerzo se debe proteger permanentemente adhiriéndolo al concreto, llenando los vacíos de los ductos con lechada. El trabajo se realiza conforme se describe en el artículo 631.

641.4.10 Protección permanente de los anclajes

Siendo los anclajes mecanismos altamente esforzados, requieren una protección completa contra la corrosión y el fuego, motivo por el

cual deben ser recubiertos por algún medio que resulte satisfactorio para el interventor.

641.4.11 Medidas de seguridad

El preesfuerzo implica la utilización de fuerzas muy grandes, esforzándose el acero y el concreto en un porcentaje alto de su carga última. Además, durante la construcción y el montaje se ponen en juego fuerzas hidrostáticas de vibración, desbalances y fuerzas dinámicas, por lo que se deben tomar las medidas y disposiciones adecuadas para la seguridad del personal y del equipo. Estas medidas deben incluir una planificación adecuada, el uso de los arriostramientos temporales que se requieran para la manipulación, transporte y montaje de los elementos estructurales, la instalación de avisos de prevención y la instrucción del personal mediante un programa continuo.

641.4.12 Manejo ambiental

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

Igualmente, 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.

641.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

641.5.1 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.

En el desarrollo de los trabajos, deben adelantarse 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 empleados cumplan las exigencias de calidad de la presente especificación.
- Vigilar la regularidad del suministro del acero durante el período de ejecución de los trabajos.
- Verificar que los trabajos se realicen de acuerdo con el sistema aprobado, los documentos del proyecto y la presente especificación.
- Efectuar las pruebas pertinentes para comprobar la calidad del trabajo ejecutado.
- Vigilar la correcta implementación de medidas para garantizar la seguridad del personal y de los equipos durante la ejecución de los trabajos.

Durante las operaciones de tensionamiento debe llevarse un registro de los siguientes aspectos, para cada tendón instalado:

- Responsables de la operación (constructor e interventor).
- Localización, tamaño y tipo de tendón.
- Fecha de instalación del tendón en el ducto.
- Número de carrete o bobinas para hilos o alambres.
- Área transversal asumida y actual.
- Módulo de elasticidad asumido y actual.
- Fecha de tensionamiento.
- Número del gato, manómetros y características.
- Fuerza requerida de gateo.
- Presiones manométricas.
- Elongaciones (esperadas y actuales).
- Secuencia de tensionamiento indicando los tendones antes y después de este tendón.
- Modo de tensionamiento (un (1) extremo, dos (2) extremos, simultáneo).
- Testigos o participantes durante la operación de tensionamiento.
- Fecha de aplicación de la lechada.
- Días desde el tensionamiento hasta la inyección de la lechada.
- Presión de inyección.
- Registro de cualquier otra información que se considere relevante reportar.

El interventor debe evaluar y aprobar, cuando corresponda, el sistema de preesfuerzo propuesto por el constructor.

El interventor debe medir, para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado de acuerdo con los documentos del proyecto aprobados por el interventor y esta especificación.

641.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

641.5.2.1 Calidad del acero

Los elementos de acero utilizados en los trabajos objeto de la presente especificación, deben ser ensayados en la fábrica y sus resultados deben satisfacer los requisitos que indiquen las normas NTC, AASHTO o ASTM relacionadas en el numeral 641.2.

El constructor debe suministrar al interventor una certificación de los resultados de análisis químicos y pruebas físicas realizados por el fabricante para el lote correspondiente a cada envío de acero a la obra. En caso que el constructor no cumpla este requisito, el interventor debe ordenar, a expensas de aquel, la ejecución de todos los ensayos que considere necesarios sobre el acero, antes de aceptar su utilización. Si los resultados no son satisfactorios, debe rechazar todo acero representado por ellos.

641.5.2.2 Calidad de los materiales de los ductos y sus accesorios

El constructor debe entregar al interventor certificaciones de los fabricantes que garanticen que la calidad de los ductos y sus accesorios se ajustan a las exigencias de la presente especificación. Si el constructor no las presenta, o en caso de duda, el interventor

debe ordenar la ejecución de todas las pruebas pertinentes, a expensas de aquel, antes de aceptar la utilización de dichos materiales. Si los resultados de tales pruebas no son satisfactorios, se deben rechazar los materiales representados por ellos.

641.5.2.3 Calidad del inhibidor de corrosión

El interventor debe verificar que el producto por utilizar sea apropiado para el trabajo y que, además, no se utilice después de cumplida su fecha de vencimiento.

641.5.2.4 Calidad de la lechada de inyección

Tanto los ingredientes como la lechada elaborada, deben cumplir las exigencias de esta especificación y del numeral 631.5.2.2 del artículo 631.

641.5.2.5 Distancias entre armaduras y recubrimientos

La distancia libre entre alambres, barras o cables, medida en los extremos de un elemento, no debe ser inferior a cuatro (4) diámetros para alambres, ni tres (3) diámetros para torones. En la porción media de la luz, se debe permitir una separación menor y el agrupamiento de torones.

Los ductos para colocar el acero de tensionamiento, pueden ser agrupados si el constructor demuestra que no se dificulta la colocación del concreto. Además, se deben tomar medidas preventivas para evitar que el acero rompa a través del ducto cuando aquel se tensione.

Las armaduras, ductos y anclajes deben cumplir los recubrimientos mínimos indicados en la sección 5.10 de la Norma Colombiana de Diseño de Puentes.

641.5.2.6 Tolerancias de colocación

Salvo que los documentos del proyecto o una especificación particular establezcan algo diferente, la posición de los tendones en cualquier sección transversal del elemento puede variar hasta un tres por ciento (3 %) de la dimensión de la pieza, paralela al desplazamiento del tendón, siempre que dicho valor no exceda de veinticinco milímetros (25 mm).

641.5.2.7 Tolerancias en el tensionamiento

Los alargamientos no pueden diferir de los previstos en el programa de tensionamiento en más de cinco por ciento (5 %) en tendones con longitudes superiores a quince metros (15 m) y de siete por ciento (7 %) en los de menor longitud. Si esta tolerancia se excede, se deben examinar las posibles causas de variación, tales como errores de lectura, de sección de armaduras, de módulos de elasticidad o de los coeficientes de rozamiento, rotura de algún elemento del tendón, tapones de lechada, etc., y se debe proceder a un nuevo tensionamiento con una nueva medida de alargamientos.

En caso de rotura de alambres, debe procederse como se indica en el numeral 641.4.8.1. La pérdida total en la fuerza de tensionamiento, originada en la rotura de alambres irremplazables, no puede exceder nunca de dos por ciento (2 %) de la fuerza total prevista.

Todo defecto de calidad o de instalación que exceda las tolerancias de esta especificación, debe ser corregido por el constructor, sin reconocimiento del costo en el presupuesto de la obra, de acuerdo con procedimientos aceptados por el interventor.

641.6 Medida

La unidad de medida del acero de preesfuerzo debe ser la tonelada fuerza-metro (tf-m) efectiva, medida en el centro de la luz, o el kilogramo (kg), suministrado y correctamente instalado y tensado, de acuerdo con los documentos del proyecto aprobados por el interventor y esta especificación.

La cantidad de toneladas fuerza-metro efectivas se debe precisar multiplicando el número de metros lineales de cable, aproximados al centímetro (cm), por el número de toneladas fuerza efectivas en el centro de la luz.

A su vez, el número de toneladas fuerza efectivas en el centro de la luz se debe determinar con aproximación a la décima (0,1).

Si la medida se realiza por kilogramos (kg), esta se debe efectuar con aproximación al entero.

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

641.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al precio unitario del contrato para el acero de preesfuerzo, por todo trabajo aceptado por el interventor. El precio unitario debe cubrir todos los costos por concepto de suministro, almacenamiento, transportes y colocación de acero, ductos, anclajes y demás accesorios requeridos para completar satisfactoriamente el trabajo. También, debe cubrir todos los costos de tensionamiento del acero y los de suministro de materiales para la lechada requerida para llenar los ductos, su almacenamiento, manejo, transportes, cargues, descargues, mezcla, preparación de ductos e inyección; el suministro y la aplicación del inhibidor de corrosión; el suministro y la aplicación de las pinturas necesarias; todo el equipo, mano de obra, asesoría, preparación de planos, patentes, muestras de ensayo, medidas de seguridad, limpieza final de la zona de las obras y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del trabajo especificado.

El precio unitario debe incluir, también, la administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

641.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
641.1	Acero de preesfuerzo	Tonelada fuerza-metro (tf-m)
641.2	Acero de preesfuerzo	Kilogramo (kg)

Apoyos y sellos para juntas de puentes

Artículo 642 – 22

642.1 Descripción

Este trabajo se refiere al suministro e instalación de almohadillas elastoméricas de apoyo para vigas de puentes, de acuerdo con los detalles indicados en los documentos del proyecto y/o autorizados por el interventor. El suministro e instalación de apoyos de otro tipo deben ser considerados en las especificaciones particulares.

El trabajo objeto de este artículo también comprende el suministro e instalación de sistemas elastoméricos para sello de juntas en tableros de puentes, del tipo y dimensiones mostrados en los documentos del proyecto y/o autorizados por el interventor.

642.2 Materiales

642.2.1 Apoyos de material elastomérico

Los apoyos de material elastomérico incluyen almohadillas simples y apoyos reforzados con acero o tela. Todos los materiales utilizados deben ser nuevos.

Los apoyos deben ser suministrados con las dimensiones, propiedades de material, grado de elastómero y tipo de laminado requerido por los documentos del proyecto. El método y la carga de diseño también deben indicarse en los documentos del proyecto y las pruebas se deben realizar de conformidad con ellos. Los apoyos elastómericos deben cumplir con la norma AASHTO M 251 o ASTM D4014. A falta de información más específica, los apoyos deben ser grado 3, de elastómero de dureza Shore 60, y refuerzos de acero. Los requisitos para pruebas de carga a que se encuentran sometidos corresponden al diseño del denominado Método A.

642.2.1.1 Elastómero

El elastómero bruto puede ser neopreno virgen (policloropreno) o caucho natural (polisopreno). Los compuestos de elastómero se clasifican como grado 0, 1, 2, 3, 4 o 5, dependiendo de las bajas temperaturas. Los grados están definidos en las Tablas 642 – 1 y 642 – 2 por los requerimientos de prueba. Un mayor grado de elastómero puede ser sustituido por uno inferior.

Los compuestos deben cumplir los requisitos mínimos de las tablas recién mencionadas, salvo que el interventor lo autorice de otra manera. Los requisitos de prueba pueden interpolarse para durezas intermedias. Si el material se especifica de acuerdo con el módulo de corte, el módulo de corte medido debe estar dentro del quince por ciento (15 %) del valor especificado. Además, se debe suministrar un valor de dureza consistente, con el fin de determinar los límites para las pruebas de las Tablas 642 – 1 y 642 – 2. Si se

especifica la dureza, el módulo de corte medido debe encontrarse dentro del rango de la Tabla 642 – 3. Cuando las muestras de prueba se toman del producto terminado, las propiedades físicas pueden variar en un diez por ciento (10 %) de las especificadas en las Tablas 642 – 1 y 642 – 2. Todas las pruebas de material se deben realizar a veintitrés más o menos dos grados Celsius (23 °C ± 2 °C) a menos que se establezca algo diferente. Las pruebas del módulo de corte se deben llevar a cabo utilizando el aparato y el procedimiento descritos en el anexo A de la norma ASTM D4014.

Los elastómeros basados en cauchos de Etileno-Propileno (EPDM), Caucho Butílico (IIR) y Clorobutil (CIIR), requieren aprobación especial por parte de la interventoría y en todo caso deben cumplir con la norma ASTM D4014.

Tabla 642 – 1. Pruebas de control de calidad del neopreno

Norma de ensayo	Requisito de prueba	Neopreno		
Propiedades físicas				
NTC 467 (ASTM D2240)	Dureza (Shore A Durometer)	50 ± 5	60 ± 5	70 ± 5
NTC 444 (ASTM D412)	Resistencia a la tracción, mín. (psi)	2 250	2 250	2 250
	Elongación mín. (%)	400	350	300
Resistencia al calor				
NTC 447 (ASTM D573)	Cambios en la dureza del durómetro			
Setenta horas (70 h) a	Puntos máximos	15	15	15
setenta grados Celsius	Cambios en resistencia a la tracción, máx. (%)	-15	-15	-15
(70 °C)	Cambio en elongación última, máx. (%)	-40	-40	-40
Deformación por compresión				
NTC 724 (ASTM D395) Método B OZONO ASTM D1149	Veintidós horas (22 h) a cien grados Celsius (100 °C), máx. (%) Cien (100) ppm de ozono por volumen de aire Veinte por ciento (20 %) deformación entre treinta y seis coma siete y treinta y ocho coma nueve grados Celsius (36,7 °C – 38,9 °C) Cien horas (100 h) procedimiento de montaje ASTM D518, Procedimiento A	Sin grietas	Sin grietas	Sin grietas
Fragilidad a bajas temperaturas				
NTC 3336 (ASTM D746)	Grados 0 al 2: No se requiere prueba			
Procedimiento B	Grado 3: fragilidad a – 40 °C	Sin falla	Sin falla	Sin falla
	Grado 4: fragilidad a – 48,3 °C	Sin falla	Sin falla	Sin falla
	Grado 5: fragilidad a – 56,7 °C	Sin falla	Sin falla	Sin falla
Rigidez térmica instantánea				
ASTM D1043	Grados 0 al 2: probada a – 18,9 °C Grado 3: probada a – 40 °C Grado 4: probada a – 45,6 °C Grado 5: probada a – 53,9 °C	La rigidez a temperaturas de prueba no debe exceder de cuatro (4) veces la rigidez medida a veintidós coma ocho grados Celsius (22,8 °C)		
Cristalización a bajas temperaturas				
Prueba de corte Quad según se describe en el anexo A de la norma ASTM D4014	Grados 0: probada a – 31,7 °C Grado 2: siete días (7 d) a – 17,8 °C Grado 3: catorce días (14 d) a – 26,1 °C Grado 4: veintiún días (21 d) a – 37,2 °C Grado 5: veintiocho días (28 d) a – 37,2 °C	La rigidez al tiempo y temperatura de prueba no puede exceder cuatro (4) veces la rigidez medida a veintidós coma ocho grados Celsius (22,8 °C) sin demora. La rigidez debe medirse con un equipo para prueba de corte en una unidad de refrigeración encerrada. Las muestras de prueba deben tomarse de un apoyo escogido al azar. Se debe utilizar un ciclo de deformación más o menos veinticinco por ciento (± 25 %) y debe aplicarse un ciclo completo de deformación con un periodo de cien segundos (100 s). Se descartan los primeros tres cuartos (¾) de ciclo y se debe determinar la rigidez de la pendiente de la curva fuerza deflexión para el siguiente medio (½) ciclo de carga.		

Tabla 642 – 2. Pruebas de control de calidad del caucho natural

Norma de ensayo	Requisito de prueba	Neopreno		
Propiedades físicas				
NTC 467 (ASTM D2240) NTC 444 (ASTM D412)	Dureza (Shore A Durometer) Resistencia a la tracción, mín. (psi) Elongación mín. (%)	50 ± 5 2 250 400	60 ± 5 2 250 350	70 ± 5 2 250 300
Resistencia al calor				
NTC 447 (ASTM D573) Setenta horas (70 h) a setenta grados Celsius (70 °C)	Cambios en la dureza del durómetro Puntos máximos Cambios en resistencia a la tracción, máx. (%) Cambio en elongación última, máx. (%)	 10 -15 -40	 10 -15 -40	 10 -15 -40
Deformación por compresión				
NTC 724 (ASTM D395) Método B OZONO ASTM D1149	Veintidós horas (22 h) a cien grados Celsius (100 °C), máx. (%) Cien (100) ppm de ozono por volumen de aire Veinte por ciento (20 %) deformación entre treinta y seis coma siete y treinta y ocho coma nueve grados Celsius (36,7 °C – 38,9 °C) Cien horas (100 h) procedimiento de montaje ASTM D518, Procedimiento A	Sin grietas	Sin grietas	Sin grietas
Fragilidad a bajas temperaturas				
NTC 3336 (ASTM D746) Procedimiento B	Grados 0 al 2: No se requiere prueba Grado 3: fragilidad a – 40 °C Grado 4: fragilidad a – 48,3 °C Grado 5: fragilidad a – 56,7 °C	 Sin falla Sin falla Sin falla	 Sin falla Sin falla Sin falla	 Sin falla Sin falla Sin falla
Rigidez térmica instantánea				
ASTM D1043	Grados 0 al 2: probada a – 31,7 °C Grado 3: probada a – 40 °C Grado 4: probada a – 45,6 °C Grado 5: probada a – 53,9 °C	La rigidez a temperaturas de prueba no debe exceder de cuatro (4) veces la rigidez medida a veintidós coma ocho grados Celsius (22,8 °C)		
Cristalización a bajas temperaturas				
Prueba de corte Quad según se describe en el anexo A de la norma ASTM D4014	Grados 0: probada a – 31,7 °C Grado 2: siete días (7 d) a – 17,8 °C Grado 3: catorce días (14 d) a – 26,1 °C Grado 4: veintiún días (21 d) a – 37,2 °C	La rigidez al tiempo y temperatura de prueba no puede exceder cuatro (4) veces la rigidez medida a veintidós coma ocho grados Celsius (22,8 °C) sin demora. La rigidez debe medirse con un equipo para prueba de corte en una unidad de refrigeración encerrada. Las muestras de prueba deben tomarse de un apoyo escogido al azar. Se debe utilizar un ciclo de deformación más o menos veinticinco por ciento (± 25 %) y debe aplicarse un ciclo completo de deformación con un periodo de cien segundos (100 s). Se descartan los primeros tres cuartos (¾) de ciclo y se debe determinar la rigidez de la pendiente de la curva fuerza deflexión para el siguiente medio (½) ciclo de carga.		

Tabla 642 – 3. Propiedades del elastómero para diferentes durezas

Característica	Dureza shore		
	50	60	70
Módulo cortante a veintitrés grados Celsius (23 °C) (kg/cm^2)	6,65 – 9,10	9,10 – 14	14 – 21
Deformación por flujo plástico en veinticinco (25) años dividida por deformación instantánea (%)	25	35	45
K (Constante dependiente de la dureza del elastómero)	0,75	0,60	0,55

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

642.2.1.2 Laminados de acero

Los laminados de acero utilizados para refuerzo deben cumplir con la norma AASHTO M 251 y deben hacerse de acero dulce laminado que cumpla con las normas NTC 1920 (ASTM A36), NTC 6 (ASTM A1011) o equivalentes.

Los laminados deben tener un espesor mínimo nominal uno coma cincuenta y dos milímetros (1,52 mm) (calibre dieciséis (16)). No se deben permitir agujeros en las platinas para fines de fabricación, a menos que se hayan tenido en cuenta en el diseño, como se muestre en los documentos del proyecto.

642.2.1.3 Refuerzo de tela

El refuerzo de tela debe ser tejido cien por ciento (100 %) en fibra de vidrio de estopa tipo "E" con fibras continuas. El número mínimo de hilos en cada dirección debe ser de diez (10) hiladas por centímetro. La tela debe ser un tejido pata de gallo o un tejido raso de dureza ocho (8). Cada capa de tela debe tener una resistencia de rotura mínima de ciento cuarenta kilonewtons por metro (140 kN/m) en cada dirección de hilada, la cual se debe determinar de acuerdo con la norma ASTM D751. No se deben permitir agujeros en la tela.

642.2.1.4 Adherencia

La unión vulcanizada entre la tela y el refuerzo debe tener una resistencia mínima al desprendimiento de cinco coma dos kilonewtons por metro (5,2 kN/m).

Los apoyos laminados de acero deben desarrollar una resistencia mínima al desprendimiento de seis coma nueve kilonewtons por metro (6,9 kN/m). Las pruebas de desprendimiento se deben ejecutar de acuerdo con la norma ASTM D429, Método B.

642.2.1.5 Marca y certificación

El fabricante debe certificar que cada apoyo satisface los requisitos de los documentos del proyecto y de las especificaciones, y suministrar una copia certificada de los resultados de la prueba del material. Cada apoyo reforzado debe ser marcado con tinta indeleble o pintura adaptable. La marca debe incluir la orientación, número de orden, número de lote, número de identificación del apoyo, lo mismo que el tipo y el grado del elastómero. La marca se debe colocar en el lado que quede visible luego del montaje, a menos que se especifique algo diferente en los documentos contractuales.

642.2.2 Materiales para sello de juntas

642.2.2.1 Sellos de compresión

Los sellos deben ser preformados y manufacturados a partir de un compuesto elastomérico vulcanizado usando cloropreno como único polímero base. El tamaño, la forma y las tolerancias en las dimensiones de los sellos se deben indicar en los documentos del proyecto o en las especificaciones particulares.

El material se debe ajustar a los requisitos establecidos en la especificación AASHTO M 297 o ASTM D3542.

Además, los sellos deben ser continuos, sin juntas en todo el ancho de la calzada.

642.2.2.2 Marca de identificación

Los sellos deben estar identificados con la marca de fábrica y la fecha de producción, a intervalos no mayores de uno coma veintidós metros (1,22 m). En la superficie superior de los sellos, se debe colocar una marca cada treinta centímetros (30 cm), suficientemente clara y durable para facilitar las medidas de longitud luego de la instalación.

642.2.2.3 Lubricante – adhesivo

El lubricante-adhesivo utilizado con los sellos elastoméricos preformados, debe ser un compuesto del mismo polímero base de los sellos, combinado con solventes volátiles adecuados; de igual manera, debe tener una consistencia apropiada a la temperatura de instalación de los sellos, debe ser compatible con estos y con el concreto y relativamente inmune a la humedad normal del concreto. El lubricante-adhesivo debe cumplir con la especificación ASTM D4070.

642.3 Equipo

El constructor debe disponer de los equipos y herramientas necesarias para transportar los apoyos y sellos al sitio de las obras y para instalarlos de manera apropiada.

642.4 Ejecución de los trabajos

642.4.1 Apoyos

642.4.1.1 Planos de trabajo

Cuando los documentos del proyecto no muestren detalles completos de los apoyos y sus anclajes, el constructor debe preparar sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), los planos de trabajo que muestren todos los detalles de los apoyos y los materiales que se propone utilizar; dichos planos deben contar con la aprobación del interventor antes de empezar la fabricación de los apoyos. Tal aprobación no debe exonerar al constructor de cualquier responsabilidad contractual por la exitosa terminación del trabajo.

642.4.1.2 Fabricación

Los apoyos con laminados de acero se deben fundir en moldes como una sola unidad, unir y vulcanizar bajo calor y presión. El acabado de los moldes debe hacerse de acuerdo con la práctica estándar de los talleres. Los laminados internos de acero se deben limpiar mediante chorros de arena y, antes de la fusión, deben estar completamente limpios de herrumbre, escamas de laminación, mugre y libres de rebabas y bordes agudos. Las platinas de carga externas (platinas de asiento) deben estar protegidas contra la corrosión por parte del fabricante y unirse preferiblemente en caliente a los apoyos durante la vulcanización. Los apoyos diseñados para actuar como una sola unidad con un factor de forma dado, deben fabricarse como una sola unidad.

Los apoyos de tela reforzados se pueden vulcanizar en grandes láminas y cortar al tamaño deseado. El corte se debe realizar de forma que se evite el calentamiento de los materiales y se produzca un acabado liso sin separaciones entre el elastómero y la tela. El refuerzo de tela se hace en pliegues sencillos en la parte superior e inferior de los apoyos y en pliegues dobles en las capas interiores. La tela debe estar libre de dobleces y rizos y estar paralela entre las superficies superior e inferior.

Las almohadillas simples se pueden moldear o troquelar y vulcanizar en grandes láminas y cortar al tamaño deseado. El corte no debe calentar los materiales y producir un acabado liso conforme con ANSI/ASME 46.1 de seis coma tres micrómetros (6,3 µm).

La tolerancia de laminado, acabado y apariencia debe cumplir los requisitos de la más reciente edición del Manual de Caucho publicado por la Rubber Manufacturers Association, Inc., de acuerdo con las normas RMA F3 y T.063 para apoyos moldeados y RMA F2 para apoyos troquelados.

Los ensambles de los apoyos, antes de su envío a la obra, deben haber sido preensamblados en el taller por el fabricante y verificados respecto de la geometría y la terminación correcta.

A menos que se especifique otra cosa, con excepción del acero inoxidable, los componentes de los apoyos, incluyendo los pernos de anclaje, se deben galvanizar.

Los apoyos deben ensayarse cumpliendo los requerimientos de la norma AASHTO M 251.

642.4.1.3 Empaque, manejo y almacenamiento

Con anterioridad al despacho de la fábrica, los apoyos se deben empacar en forma adecuada, para garantizar que estén protegidos contra daños de manejo, del medio ambiente y cualquier otro factor de riesgo durante el envío y el almacenamiento. Cada apoyo completo debe tener sus componentes identificados claramente, estar atornillados firmemente, atados o asegurados para evitar cualquier movimiento relativo, y marcados en la parte superior respecto de la posición y orientación en cada estructura del proyecto, de conformidad con los documentos del proyecto.

De igual manera, todos los apoyos y sus partes componentes se deben almacenar en el sitio de la obra y en un área protegida contra daños físicos y ambientales. Una vez instalados, los apoyos deben estar limpios y libres de sustancias extrañas.

642.4.1.4 Instalación

Los apoyos se deben instalar con la asistencia de personal calificado.

Deben colocarse sobre superficies conforme con los diseños, que estén planas con precisión al milímetro, salvo que los apoyos se coloquen en pares opuestos, horizontales hasta dentro de cero coma cero un radianes (0,01 rad). Cualquier falta de paralelismo entre la parte superior del apoyo y la parte inferior de la viga que exceda de cero coma cero un radianes (0,01 rad) se debe corregir mediante lechada de cemento o siguiendo las instrucciones del interventor.

No se deben soldar las placas exteriores de los apoyos a menos que entre la soldadura y el elastómero existan treinta y ocho milímetros (38 mm) de acero, como mínimo. En ningún caso el elastómero o la unión deben estar sometidos a temperaturas mayores de doscientos cuatro grados Celsius (204 °C).

642.4.2 Sellos para juntas

642.4.2.1 Planos de trabajo

El constructor debe presentar al interventor los planos de trabajo que ilustren el procedimiento

de instalación y el ensamble de unión para tableros de puentes. Además, se deben remitir, para aprobación del interventor, los planos de taller para juntas que tengan un movimiento total superior a cuatro coma cinco centímetros (4,5 cm).

Los planos de trabajo deben traer aprobación del interventor con anterioridad a la ejecución de los trabajos; tal aprobación, no debe exonerar al constructor de cualquier responsabilidad contractual para la terminación satisfactoria de la obra.

642.4.2.2 Instalación

Todos los materiales y ensambles para juntas se deben proteger contra posibles daños; los ensambles deben estar soportados para mantener su forma y alineamiento. Los sellos para juntas se deben construir e instalar para proporcionar suavidad al paso de vehículos. Después de la instalación, las juntas se deben cubrir con un material protector hasta la limpieza final de la cubierta del puente.

Al tiempo de la instalación, la junta debe estar completamente limpia y seca y libre de astillas de piedra e irregularidades que puedan perjudicar un sello correcto de la junta. Las superficies metálicas o de concreto deben estar limpias, libres de óxido, lechada, aceite, grasa, mugre, polvo u otros materiales nocivos.

Los sellos elastoméricos preformados de compresión para juntas, deben instalarse por métodos manuales adecuados o herramientas mecánicas sin causar daño al sello. El lubricante-adhesivo se debe aplicar a ambas caras de la junta con anterioridad a la instalación y en concordancia con las instrucciones del fabricante. El sello elastomérico preformado se debe comprimir al espesor especificado en los documentos del proyecto o al aprobado por el interventor para la abertura estimada y la temperatura ambiente al tiempo de la instalación. No se deben permitir puntos abiertos o ajustes flojos entre el sello y la cubierta.

642.4.2.3 Ensambles de sellos para juntas

Los ensambles de sellos para juntas de expansión se deben construir para proporcionar absoluta libertad de movimiento a través de un rango consistente con aquel prescrito por el interventor, o como se muestra en los documentos del proyecto de diseño. La instalación se debe hacer de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Los ajustes finales del ensamble de sellos para juntas de cubierta al tiempo de la fundición en los anclajes de la unidad, dependen de la relación de la temperatura corriente de la superestructura a su temperatura media esperada, y deben estar de acuerdo con las especificaciones del fabricante, o como se muestre en los documentos del proyecto.

Luego de la instalación, y con anterioridad a la aceptación final, los sellos para juntas se deben probar en presencia del interventor para detectar filtraciones de agua a través de la junta. Cualquier goteo en el sello de la junta debe ser causa de rechazo.

642.4.2.4 Sistemas Modulares de Juntas de Puente (MBJS)

Cuando el proyecto contemple la instalación de Sistemas Modulares de Juntas de Puente, diseñados acorde con el numeral 14.5.6.9. de la Norma Colombiana de Diseño de Puentes,

estos y todos sus componentes se deben fabricar, ensayar, transportar, almacenar, instalar, inspeccionar y aprobar o rechazar siguiendo las especificaciones del AASHTO LRFD Bridge Construction Specifications, aplicables para Sistemas Modulares de Juntas de Puentes (MBJS). El interventor puede exigir, sin costo adicional para INVÍAS, los ensayos o pruebas adicionales que considere necesarias para la aprobación de dicho tipo de juntas.

642.4.2.5 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para la construcción de apoyos y sellos de juntas para puentes 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.

642.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

642.5.1 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 el funcionamiento del equipo de construcción.
- Constatar el cumplimiento de las disposiciones existentes en el artículo 102, Aspectos generales de seguridad y salud.
- Comprobar que la calidad de los materiales satisface las exigencias de esta especificación.
- Corroborar que los trabajos se realicen de acuerdo con el sistema aprobado, los documentos del proyecto y la presente especificación.
- Comprobar la calidad del trabajo ejecutado.
- Medir, para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado de acuerdo con los documentos del proyecto aprobados por el interventor y esta especificación.

El interventor debe exigir al constructor las certificaciones de fábrica que respalden la calidad de los materiales utilizados.

642.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

642.5.2.1 Calidad de los materiales para los apoyos elastoméricos de los apoyos terminados

642.5.2.1.1 Generalidades

La calidad se debe verificar de acuerdo con las pruebas mencionadas en las Tablas 642 – 1, 642 – 2 y 642 – 3.

642.5.2.1.2 Pruebas de temperatura ambiente

El elastómero utilizado debe satisfacer los límites prescritos en la Tabla pertinente 642 – 1 o 642 – 2 en cuanto a dureza de durómetro, resistencia a la tracción, elongación última, resistencia al calor, deformación por compresión y resistencia de ozono. La adherencia al refuerzo, si la hay, debe también satisfacer el numeral 642.2.1.4. El módulo de corte del material se debe probar a veintitrés grados Celsius (23 °C) utilizando el aparato y procedimientos contemplados en el anexo A1 de la norma ASTM D4014. Este se debe encontrar dentro del quince por ciento (15 %) del valor especificado, o en el rango de su dureza dado en la Tabla 642 – 3, si no se ha especificado el módulo de corte.

Las pruebas de temperatura ambiente deben hacerse para los materiales utilizados en cada lote de apoyos. En lugar de realizar una prueba del módulo de corte para cada colada de material, el fabricante puede elegir suministrar certificados de las pruebas llevadas a cabo sobre procesos idénticos en el año anterior, a menos que el interventor autorice otra cosa. Los certificados de prueba del fabricante deben proveerse para cada lote de refuerzo.

642.5.2.1.3 Pruebas a bajas temperaturas

Los elastómeros de grados 3, 4 y 5 están sujetos a pruebas de fragilidad a bajas temperaturas (NTC 3336 (ASTM D746)), a pruebas de rigidez instantánea a bajas temperaturas (ASTM D1043), y a pruebas de cristalización a bajas temperaturas (ASTM D4014). Por su parte, los elastómeros de grados 0 al 2 están sujetos a pruebas de rigidez instantánea a bajas temperaturas (ASTM D1043). Las pruebas se deben ejecutar de acuerdo con los requisitos de las Tablas 642 – 1 y 642 – 2 y el compuesto debe satisfacer todos los límites de su grado.

Estos tres (3) tipos de pruebas, a baja temperatura en el elastómero, se deben realizar en el material utilizado en cada lote de apoyos para el material de grados 3, 4 y 5; la prueba de rigidez térmica instantánea se debe conducir en material de grado 0 al 2. Para el material de grado 3, en lugar de la prueba de cristalización a baja temperatura, el fabricante puede escoger suministrar certificados de pruebas de cristalización a baja temperatura realizadas en material idéntico en el último año, a menos que el interventor ordene lo contrario. Los materiales de grados 0 al 2 no requieren pruebas de cristalización y fragilidad a bajas temperaturas, salvo que el interventor lo solicite especialmente.

642.5.2.1.4 Inspección visual de los apoyos terminados

Cada apoyo terminado se debe inspeccionar para verificar si está de acuerdo con las tolerancias dimensionales especificadas en el numeral 642.5.2.1.8 y con la calidad total de fabricación. En los apoyos reforzados de acero, los bordes del acero deben ser protegidos en todas partes contra la corrosión.

642.5.2.1.5 Pruebas de compresión de corta duración

Los apoyos deben ser sometidos a cargas de compresión hasta uno coma cinco (1,5) veces la máxima carga muerta de diseño más la carga de compresión viva de servicio. La carga se debe sostener constante durante cinco minutos (5 min), retirar y aplicar de nuevo por

otros cinco minutos (5 min). El lote se debe examinar visualmente cuanto está sometido a la segunda carga y si se observa un paralelismo de laminado por la forma de pandeo evidente, que el espesor de una capa está por fuera de las tolerancias especificadas o la unión del laminado es deficiente, el apoyo debe ser rechazado. También debe ser causa de rechazo del lote la existencia de tres (3) o más grietas separadas de superficie con un ancho mayor de dos milímetros (2 mm) y dos milímetros (2 mm) de profundidad o una simple grieta de tres milímetros (3 mm) de profundidad o más ancha que seis milímetros (6 mm).

642.5.2.1.6 Pruebas de compresión de larga duración

El apoyo se debe someter a cargas de compresión hasta uno coma cinco (1,5) veces su carga máxima de diseño; la primera carga debe mantenerse por cinco minutos (5 min) y la segunda carga durante un período de quince horas (15 h). Si durante la prueba, la carga cae por debajo del noventa por ciento (90 %) del valor máximo de diseño, la carga debe aumentarse hasta el valor de diseño y, la duración de la prueba debe ser incrementada por un período de tiempo igual al que la carga esté por debajo de este límite. La muestra para este ensayo debe estar constituida, por lo menos, por un apoyo escogido al azar de cada tamaño y colada de material e incluir el diez por ciento (10 %) del lote, como mínimo. Los criterios de falla de la prueba o rechazo deben ser los mismos establecidos en el numeral 642.5.2.1.5 de esta especificación. Si falla un apoyo de la muestra, deben rechazarse todos los apoyos de aquel lote, a menos que el fabricante elija probar cada apoyo del lote por su cuenta, bajo la vigilancia del interventor.

A cambio de este procedimiento, el interventor puede exigir que se pruebe cada apoyo del lote.

642.5.2.1.7 Pruebas de módulo de corte

El módulo de corte del material de los apoyos terminados, se debe evaluar mediante el ensayo de una muestra cortada del material utilizando el aparato y el procedimiento descritos en el anexo A1 de la norma ASTM D4014. El módulo de corte debe quedar dentro del quince por ciento (15 %) del valor especificado o en el rango de su dureza dada en la Tabla 642 – 3, si no se especifica el módulo de corte. Si la prueba se realiza en apoyos terminados, el módulo de corte del material debe calcularse de la rigidez de corte medida en los apoyos, teniendo en cuenta la influencia de la geometría y carga compresiva del apoyo sobre la rigidez de corte.

642.5.2.1.8 Tolerancias de fabricación

Las almohadillas simples y los apoyos laminados se deben construir según las dimensiones especificadas, dentro de las siguientes tolerancias o las que fijen la especificación AASHTO M 251 o las que sean más estrictas.

642.5.2.1.8.1 Altura total

Espesor de diseño:

- 32 mm o menos: - 0, +3 mm.
- Mayor de 32 mm: -0, +6 mm.

642.5.2.1.8.2 Dimensiones horizontales totales

- 0,914 m o menos: -0, +6 mm.
- Mayor de 0,914 m: -0, +12 mm.

642.5.2.1.8.3 Espesor de las capas individuales de elastómero (apoyos laminados solamente)

En cualquier punto dentro de los apoyos: ± 3 mm.

642.5.2.1.8.4 Paralelismo con la cara opuesta

Lados superior e inferior: 0,005 radianes.

642.5.2.1.8.5 Posición de los elementos de conexión expuestos

Agujeros, ranuras o aditamentos: ± 3 mm.

642.5.2.1.8.6 Cubierta de borde

Laminados embebidos o elementos de conexión: -0, +3 mm.

642.5.2.1.8.7 Espesor, el que sea menor entre

Capa de cubierta superior e inferior (si se requiere): +1,5 mm y +20 % del espesor nominal de la capa de cubierta.

642.5.2.1.8.8 Tamaño

Agujeros, ranuras o aditamentos: ± 3 mm.

642.5.2.2 Calidad e los materiales para sello de juntas

642.5.2.2.1 Generalidades

Cada vez que lo exija el interventor, el constructor debe suministrar, sin cargo para INVÍAS, una muestra de ensayo de uno coma ocho metros (1,8 m) de longitud, por cada novecientos catorce metros (914 m) de sello o fracción, para cada fecha de manufactura; así como quinientos mililitros (500 ml) de cada lote de lubricante-adhesivo.

Los especímenes de prueba deben ser cortados de las muestras remitidas, de acuerdo con lo establecido en la norma ASTM D3183.

Así mismo, los especímenes que deben ser ensayados tras envejecimiento acelerado, deben ser cortados de una porción de la muestra envejecida.

Los especímenes para ensayos de recuperación a baja y alta temperatura deben tener aproximadamente ciento veinticinco milímetros (125 mm) de longitud y deben tomarse al azar de la muestra representativa del lote bajo prueba. Los especímenes para prueba a baja temperatura deben ser espolvoreados con talco tanto en su superficie interna como en la externa, mientras que los de ensayo a alta temperatura solamente espolvoreados levemente en su superficie exterior.

Las muestras para ensayo de cambio de peso en aceite, deben tener unos setenta y cinco milímetros (75 mm) de longitud y se deben tomar al azar de muestras representativas del lote recibido.

642.5.2.2.2 Ensayos

Las pruebas sobre el material sellante de juntas se deben efectuar de acuerdo con los procedimientos mencionados en la especificación ASTM D3542 y sus resultados deben cumplir los requisitos exigidos en la Tabla 1 de dicha especificación.

642.5.3 Calidad del producto terminado

El interventor solo debe aceptar los materiales que cumplan con las exigencias de calidad de este artículo y las especificaciones que lo complementan y que, además, hayan sido instalados correctamente, de acuerdo con los documentos del proyecto y esta especificación.

Todo defecto de calidad o de instalación que exceda las tolerancias de este artículo, debe ser corregido por el constructor, a su costa, de acuerdo con procedimientos aceptados por el interventor, sin costo adicional alguno para INVÍAS.

642.6 Medida

642.6.1 Apoyos elastoméricos

La unidad de medida debe ser la unidad (u) de apoyo elastomérico de cada tipo y dimensiones, elaborado de acuerdo con los documentos del proyecto y esta especificación e instalado y aprobado por el interventor.

642.6.2 Sello para juntas de puentes

La unidad de medida debe ser el metro (m), aproximado a la centésima (0,01), de sello de calidad apropiada, adecuadamente instalado y aceptado por el interventor. La medida se debe realizar directamente sobre el sello, dentro de los límites de colocación autorizados 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.

642.7 Forma de pago

El pago se debe realizar al respectivo precio unitario del contrato, por todo apoyo o sello elaborado, instalado y aprobado por el interventor. El precio unitario debe cubrir todos los costos por concepto de suministro de materiales, manufactura de los apoyos o sellos, transporte, mano de obra, equipo y desperdicios, así como por la instalación del apoyo o sello, incluyendo los materiales y operaciones necesarias para la preparación de superficies, ensambles, protecciones y, en general, toda actividad que resulte necesaria para terminar correctamente el trabajo especificado de acuerdo con los documentos del proyecto aprobados por el interventor y esta especificación.

El ítem y nombre de pago se puede adaptar según los tipos o medidas posibles (reforzado o simple, dimensiones, entre otros) y el sistema y ancho de junta.

El precio unitario debe incluir, además, los costos de patentes que utilice el constructor, la elaboración de los planos de trabajo, el costo de las pruebas y ensayos, el suministro de muestras para ensayo y la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante el lapso de ejecución de los trabajos. También, debe incluir la administración, los imprevistos y la utilidad del constructor.

642.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
642.1	Apoyo elastomérico	Unidad (u)
642.2	Sello para juntas de puentes	Metro (m)

Estructuras de acero

Artículo 650 – 22

650.1 Descripción

Este trabajo consiste en el diseño, fabricación, transporte, montaje y pintura de estructuras de acero, soldadas y/o pernadas, de acuerdo con los documentos del proyecto, las especificaciones, la Norma Colombiana de Diseño de Puentes, la NTC 5832, la AISC-360, la AISC-303, el *Steel Construction Manual* (AISC). Comprende, además, el suministro de todos los materiales requeridos para la fabricación de las estructuras, tales como láminas, perfiles, platinas, pernos, remaches, elementos para soldadura y piezas o metales especiales.

650.2 Materiales

650.2.1 Acero

El acero se debe suministrar de acuerdo con las especificaciones que se indican a continuación. Mientras los documentos del proyecto o las especificaciones particulares no establezcan lo contrario, debe ser del tipo de acero al carbono.

650.2.1.1 Acero estructural

El acero estructural implementado en elementos principales al carbono debe cumplir las especificaciones AISC 360.

En estas especificaciones se acepta el uso de los materiales que cumplen las siguientes normas:

- Perfiles de acero aleado templado y revenido con resistencia máxima a la tensión de novecientos ochenta megapascales (980 MPa), que cumplan con todas las propiedades químicas y mecánicas de la NTC 4005 (ASTM A709) grado HPS 100W, deben ser considerados como NTC 4005 (ASTM A709) Grado HPS 100W.
- NTC 1920 (ASTM A36).
- NTC 3470 (ASTM A53 Grado B).
- NTC 1950 (ASTM A242).
- NTC 1986, ASTM A1085, ASTM A500, Grados B o C o, ASTM A847.
- NTC 2374 (ASTM A501).
- NTC 6 (ASTM A1011).
- NTC 1985 (ASTM A572).
- NTC 2012 (ASTM A588).
- NTC 4001 (ASTM A618).
- NTC 4005 (ASTM A709).
- NTC 4007 (ASTM A529).
- NTC 4009 (ASTM A606).
- NTC 4014 (ASTM A514).
- NTC 5091 (ASTM A1008).
- ASTM A913.
- NTC 6147 (ASTM A992).
- ASTM A847.
- ASTM A1065.
- NTC 6207 (ASTM A1085).
- ASTM A1066.

Se puede considerar como prueba suficiente del cumplimiento de las anteriores normas, el informe certificado que en tal sentido extienda la acería, de acuerdo con sus ensayos, o de los ensayos que realice el fabricante con base en los requisitos de las normas NTC 4537 (ASTM A6) o NTC 7 (ASTM A568), según sea aplicable, en un laboratorio que cuente con experiencia y/o trayectoria en ejecución de pruebas y ensayos de control de calidad del acero, que pueda 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 que los resultados de la medición sean trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) mediante alguna de las siguientes alternativas:

- La calibración de los equipos proporcionados por un laboratorio de metrología acreditado por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (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 al SI.

Si se le solicita, el fabricante debe proporcionar una certificación en que conste que el acero estructural del suministro cumple los requisitos del grado especificado.

Con autorización del diseñador estructural, se puede utilizar acero sin identificar, si su aspecto superficial es aceptable según los criterios de la NTC 4537 (ASTM A6), en la fabricación de partes o detalles de menor importancia, siempre y cuando las propiedades físicas y la soldabilidad del acero no afecten la resistencia de la estructura.

En caso de utilizar el acero conocido como de "calidad comercial", la resistencia, en términos del límite de fluencia, no se debe suponer mayor de doscientos veinticinco megapascales (225 MPa) y, a su vez, la resistencia última no mayor de trescientos sesenta megapascales (360 MPa), a menos que mediante ensayos se pueda demostrar una resistencia mayor. El uso de este tipo de acero requiere autorización del diseñador estructural.

Excepto en marcos transversales y diafragmas de puentes curvos horizontalmente, todo el acero usado en miembros principales sujetos a tensión de puentes debe cumplir con la prueba de dureza (Charpy V) acorde con la NTC 4005 (ASTM A709).

650.2.1.2 Barras de ojo

El acero para barras de ojo debe ser del tipo soldable que cumpla la especificación NTC 4005 (ASTM A709), grados 36 o 50W.

650.2.1.3 Pernos, arandelas y tuercas

Los pernos de acero deben cumplir alguna de las siguientes normas:

- NTC 858 (ASTM A449).

- NTC 4034 (ASTM A 307).
- ASTM F3125.
- ASTM A354.
- ASTM F3043.
- ASTM F3111.
- ASTM A194.
- ASTM A563.
- ASTM F436.
- ASTM F959.

Las dimensiones de los pernos y tuercas se deben ajustar a las dimensiones de la Tabla 650 – 1 y a los requisitos para pernos y tuercas hexagonales pesadas dados en las normas ANSI B18.2.1 y B18.2.2, respectivamente.

Se deben usar pernos NTC 858 (ASTM A449) solamente en conexiones que requieran pernos de diámetros superiores a treinta y ocho milímetros (38 mm); no se deben implementar en conexiones de deslizamiento crítico.

Se debe aceptar la certificación del fabricante como prueba del cumplimiento con estas normas.

Los pernos galvanizados de alta resistencia deben ser pernos ASTM F3125, tipo uno (1) o tipo dos (2), galvanizados por el proceso de inmersión en caliente o por el proceso mecánico de galvanización. Si los pernos tipo dos (2) se galvanizan por el proceso de inmersión en caliente, deben probarse a tracción después de galvanizado de acuerdo con el numeral 7.5.3 de la norma ASTM F3125. Las tuercas y pernos del mismo ensamble deben ser galvanizados por el mismo proceso.

Las arandelas circulares deben ser planas y lisas y sus dimensiones nominales deben cumplir los requisitos de la norma ASTM F436 y las dimensiones de la Tabla 650 – 2. No deben utilizarse arandelas planas para pernos de seguridad sujetadores de collar, a menos que se especifiquen agujeros ranurados o sobredimensionados.

Las arandelas ahusadas para vigas y canales, fabricadas según las normas americanas u otras caras ahusadas que se requieran cuadradas o rectangulares, deben cumplir los

Tabla 650 – 1. Dimensiones de pernos y tuercas

Dimensiones de pernos (en pulgadas) Perno hexagonal pesado				Dimensiones de tuercas (en pulgadas) Tuerca hexagonal pesada	
Tamaño nominal perno (D)	Ancho entre caras planas (F)	Altura de cabeza (H)	Longitud de rosca (T)	Ancho entre caras planas (W)	Altura (H)
1/2	7/8	5/16	1	7/8	31/64
5/8	1 – 1/16	25/64	1 – 1/4	1 – 1/16	39/64
3/4	1 – 1/4	15/32	1 – 3/8	1 – 1/4	47/64
7/8	1 – 7/16	35/64	1 – 1/2	1 – 7/16	55/64
1	1 – 5/8	39/64	1 – 3/4	1 – 5/8	63/64
1 – 1/8	1 – 13/16	11/16	2	1 – 13/16	1 – 7/64
1 – 1/4	2	25/32	2	2	1 – 7/32
1 – 3/8	2 – 3/16	27/32	2 – 1/4	2 – 3/16	1 – 11/32
1 – 1/2	2 – 3/8	15/16	2 – 1/4	2 – 3/8	1 – 15/32

requisitos de la norma ASTM F436 y las dimensiones dadas en la Tabla 650 – 2.

Si se requiere, se puede recortar un lado de la arandela hasta una distancia no inferior a siete octavos (7/8) el diámetro del perno, tomada desde el centro de la arandela.

Siempre y cuando se tenga la aprobación del interventor, se pueden utilizar otros sujetadores o sistemas de fijación que cumplan con los materiales, fabricación y los requisitos de composición química de los pernos ASTM F3125 y que cumplan, además, los requisitos de las propiedades mecánicas de la misma especificación en pruebas a escala natural. Así mismo, deben tener el diámetro del cuerpo y las áreas de apoyo bajo la cabeza y tuerca, o su equivalente, no inferiores a los provistos por un perno y tuerca de las mismas dimensiones nominales prescritas en el enunciado anterior. Dichos sujetadores alternos, pueden diferir en otras dimensiones de aquellas de los pernos y tuercas especificados.

650.2.1.4 Pernos de anclaje y varillas roscadas

Los pernos de anclaje y las varillas roscadas deben cumplir alguna de las siguientes normas:

- NTC 1920 (ASTM A36).
- NCT 1985 (ASTM A572).
- NTC 2012 (ASTM A588).
- ASTM A193.
- ASTM A354.

Tabla 650 – 2. Dimensiones de arandelas (Nota 1)

Arandelas circulares					Arandelas ahusadas cuadradas rectangulares para vigas y canales estándar		
Diámetro del perno	Diámetro nominal externo (Nota 2)	Diámetro nominal agujero	Espesor		Dimensión mínima lado	Espesor promedio	Ahusado en espesor
			Min.	Máx.			
1/2	1 – 1/16	17/32	0,097	0,177	1 – 3/4	5/16	1:6
5/8	1 – 5/16	21/32	0,122	0,177	1 – 3/4	5/16	1:6
3/4	1 – 15/32	13/16	0,122	0,177	1 – 3/4	5/16	1:6
7/8	1 – 3/4	15/16	0,136	0,177	1 – 3/4	5/16	1:6
1	2	1 – 1/16	0,136	0,177	1 – 3/4	5/16	1:6
1 – 1/8	2 – 1/4	1 – 1/4	0,136	0,177	2 – 1/4	5/16	1:6
1 – 1/4	2 – 1/2	1 – 3/8	0,136	0,177	2 – 1/4	5/16	1:6
1 – 3/8	2 – 3/4	1 – 1/2	0,136	0,177	2 – 1/4	5/16	1:6
1 – 1/2	3	1 – 5/8	0,136	0,177	2 – 1/4	5/16	1:6
1 – 3/4	3 – 3/8	1 – 7/8	0,178	0,28	-	-	-
2	3 – 3/4	2 – 1/8	0,178	0,28	-	-	-
De 2 a 4	2D – 1/2	D + 1/8	0,24	0,34	-	-	-

Nota 1: todas las dimensiones están en pulgadas.

Nota 2: se puede exceder en un cuarto (1/4) de pulgada.

- ASTM A449.
- ASTM F1554.

Las roscas de los pernos y varillas deben cumplir las especificaciones detalladas en las "Series Estándares Unificadas" de la última edición de la norma ASME B.18.2.6. Las tolerancias deben ser de clase 2A.

El material NTC 858 (ASTM A449) debe ser aceptable para pernos de anclaje y varillas roscadas de alta resistencia de cualquier diámetro.

Se debe aceptar la certificación del fabricante como prueba del cumplimiento con las normas.

650.2.1.5 Transmisores de cortante soldados

Los transmisores de cortante deben cumplir los requisitos para barras de acero al carbono formado en frío, ASTM A108 barras estiradas en frío, grados 1015, 1018 o 1020 (ASTM A29), semi o completamente apagadas. Si se utilizan casquetes para retención del fundente, el acero de estos debe ser de un grado de bajo contenido de carbono apropiado para soldadura y que cumpla la especificación ASTM A109.

Las propiedades mecánicas, determinadas por ensayos del acero en barras luego de su estiramiento o de conectores terminados, deben cumplir los siguientes requisitos:

- Resistencia a la tracción (mínima): cuatrocientos veinte megapascales (420 MPa)
- Límite de fluencia (mínimo): trescientos cincuenta megapascales (350 MPa)
- Elongación en dos (2) pulgadas (mínimo): veinte por ciento (20 %)
- Reducción de área (mínima): cincuenta por ciento (50 %)

Las propiedades mecánicas se deben determinar de acuerdo con las secciones aplicables de la norma ASTM A370. Las pruebas de tensión de los pernos terminados se deben hacer en pernos soldados a platinas de prueba que utilizan una plantilla tal como lo indica la norma AWS D1.1. Si ocurre fractura fuera de la mitad central de la longitud en la escala, se debe repetir la prueba.

Los pernos terminados deben ser de calidad y apariencia uniforme, libres de astillas perjudiciales, rebabas, fisuras, grietas, torceduras, dobleces u otros defectos. El acabado debe ser el conseguido por estiramiento en frío, laminado en frío o maquinado.

El fabricante debe certificar que los pernos se ajustan a los requisitos de material del presente numeral. A solicitud del interventor, deben remitirse copias certificadas de los informes de control de calidad hechos en la planta.

650.2.1.6 Pilotes tubulares de acero

Los pilotes tubulares de acero deben cumplir los requisitos de la norma ASTM A252, grado 2 para pilotes de tubería metálica soldada sin costura, con requerimientos químicos según la norma ASTM A53, grado B.

650.2.2 Metal de aporte y fundente para soldadura

Los electrodos y fundentes para soldadura deben cumplir una de las siguientes normas,

correspondientes de la Sociedad Americana de Soldadura (AWS):

- AWS A5.1 (NTC 2191).
- AWS A5.5 (NTC 2253).
- AWS A5.28 (NTC 3570).
- AWS A5.23 (NTC 3623).
- AWS A5.18 (NTC 2632).
- AWS A5.17 (NTC 2677).
- AWS A5.20.
- AWS A5.29.
- AWS A5.25.
- AWS A5.26.
- AWS A5.32.
- AWS A.5.36.

Se acepta la certificación del fabricante como prueba del cumplimiento con las normas. Los electrodos y metales de aporte seleccionados, deben ser los apropiados para la aplicación prevista. .

650.2.3 Piezas forjadas y ejes de acero

650.2.3.1 Piezas forjadas de acero

El acero fundido debe cumplir una de las siguientes especificaciones:

- NTC 4003 (ASTM A27 Grado 65 – 35).
- ASTM A148 Grado 80 – 50.
- ASTM A216.

Las piezas forjadas se deben ajustar a la norma:

- NTC 4038 (ASTM A668), clases C, D, F o G.

Se aceptan los informes certificados de ensayo, como prueba del cumplimiento de la norma.

650.2.3.2 Ejes de acero al carbono formado en frío

Los ejes de acero al carbono formado en frío deben cumplir las especificaciones para barras y ejes de acero al carbono en frío, de la norma ASTM A108. A menos que se especifique diferente, deben suministrarse los grados 10160 a 10300 (ASTM A29), inclusive.

650.2.4 Fundiciones de acero

650.2.4.1 Fundiciones de acero para puentes

Las fundiciones de acero para componentes de puentes de vías deben cumplir las especificaciones estándar para fundiciones de puentes de carreteras, norma ASTM A781 Clase setenta (70) o fundiciones de acero al carbono de resistencia suave a media para aplicaciones generales, norma ASTM A27. A menos que se especifique algo distinto, se deben emplear la clase setenta (70) o grados 70 – 36 de acero, respectivamente o ASTM A743 Grado CA 15.

650.2.4.2 Fundiciones de acero con aleaciones de cromo

Las fundiciones de acero con aleaciones de cromo deben cumplir las especificaciones para fundiciones de hierro-cromo, de hierro-cromo-níquel, resistentes a la corrosión para aplicaciones generales, norma ASTM A743. Se debe suministrar Grado CA 15, a menos que se especifique de otra manera.

650.2.5 Fundiciones de hierro

Deben ser fundiciones de hierro gris que cumplan las especificaciones para fundiciones de hierro gris, norma ASTM A48, clase treinta (30), a menos que se especifique algo diferente.

650.2.6 Fundiciones de hierro dúctil

Deben cumplir las especificaciones para fundiciones de hierro dúctil, norma ASTM A536 grado 60 – 40 – 18, a menos que se especifique de otra manera.

650.2.7 Fundiciones maleables

Deben cumplir las especificaciones para fundiciones de hierro maleable, norma ASTM A47.

Se debe suministrar grado 22010, a menos que se especifique diferente.

650.2.8 Fundiciones de bronce y chapas de aleaciones de cobre

650.2.8.1 Fundiciones de bronce

Deben cumplir las especificaciones estándar para fundiciones de bronce para puentes y tornavías, ASTM B22 aleaciones C86300, C90500, C91100, C91300 y C93700.

650.2.8.2 Chapas de aleaciones de cobre

Deben cumplir las especificaciones estándar para láminas y platinas de apoyo y de expansión de aleaciones de cobre para puentes y otras aplicaciones estructurales, norma ASTM B100.

650.2.9 Materiales para juntas y apoyos

650.2.9.1 Láminas de plomo

Deben cumplir los requisitos para plomo común desplatinizado de las especificaciones para plomo en lingotes, norma ASTM B29.

650.2.9.2 Láminas de zinc

Deben cumplir los requisitos del Tipo II de las especificaciones para zinc laminado, norma ASTM B69.

650.2.9.3 Láminas de bronce o de aleación de cobre

Las láminas de bronce deben cumplir los requisitos de la norma ASTM B22, para aleación C91100, y las de aleación de cobre los requisitos de la norma ASTM B69, aleación C51000.

Las láminas deben ser lubricadas y el compuesto lubricante debe ser grafito y sustancias metálicas con un ligante lubricante resistente a la acción de la intemperie.

650.2.9.4 Almohadillas elastoméricas de soporte

Deben cumplir lo indicado en la especificación del artículo 642, Apoyos y sellos para juntas de puentes.

650.2.9.5 Almohadillas preformadas de caucho y fibra de algodón

Deben cumplir con las especificaciones indicadas en el artículo 642. Deben ser fabricadas de caucho no vulcanizado y de capas de fibras nuevas de algodón, comprimidas y

vulcanizadas para formar almohadillas del grosor especificado, de acuerdo con la *Federal Specification* MIL-C-882E, y deben tener una resistencia a la compresión, perpendicular a las laminaciones, no menor de setecientos kilogramos por centímetro cuadrado (700 kg/cm^2), sin reducción perjudicial de su espesor.

650.2.10 Materiales para cubrimiento

650.2.10.1 Galvanizado

Cuando se indica en los documentos del proyecto o se especifica en las disposiciones especiales, los productos de metal ferroso deben ser galvanizados de acuerdo con las especificaciones para revestimientos de zinc (galvanizado en caliente) de productos fabricados de perfiles de acero laminado, prensado y forjado, platinas, barras y flejes, norma ASTM A123. Sujetadores y aditamentos deben ser galvanizados de acuerdo con la norma ASTM A153, excepto los sujetadores y aditamentos de alta resistencia, los cuales deben ser galvanizados conforme al anexo A1 de ASTM F3125.

650.2.10.2 Pintura

650.2.10.2.1 Pintura de taller

Se debe realizar en concordancia con lo establecido en el capítulo M sección M3 de AISC-360.

650.2.10.2.1.1 Requisitos generales

La preparación de la superficie y la pintura de taller, se deben ajustar a los requisitos del Código de Práctica Estándar del AISC. No se requiere pintura de taller si no se especifica claramente en los documentos del contrato.

650.2.10.2.1.2 Superficies inaccesibles

Excepto las superficies en contacto, las superficies inaccesibles después del ensamble de taller se deben limpiar y pintar con anterioridad al ensamble, de acuerdo con los requisitos de los documentos de diseño.

650.2.10.2.1.3 Superficies de contacto

Se permite incondicionalmente la pintura en conexiones tipo aplastamiento. Para conexiones por fricción, el requisito de la superficie de contacto debe estar de acuerdo con la sección 3.3.2. de las especificaciones para juntas estructurales del RCSC.

650.2.10.2.1.4 Superficies acabadas

Las superficies terminadas a máquina, se deben proteger contra la corrosión por medio de una película inhibidora de óxido que se pueda remover antes del montaje o que tenga características que hagan innecesaria su remoción antes de efectuarlo.

650.2.10.2.1.5 Superficies adyacentes a soldaduras de campo

A menos que se especifique otra cosa en los documentos del proyecto, las superficies a menos de cincuenta milímetros (50 mm) de sitios donde se hayan de aplicar soldaduras de campo, deben estar libres de materiales que impidan el soldado correcto o que produzcan gases inseguros o inaceptables mientras se realiza la soldadura.

650.2.10.2.1.6 Pintura de campo

Los retoques de pintura, la limpieza de la estructura, así como la pintura general, deben realizarse de acuerdo con la NTC 5832 y con los documentos del proyecto y especificaciones de diseño.

650.2.11 Soldadura

La soldadura de estructuras de acero, cuando se autoriza, debe cumplir la norma AWS D1.1 del Código de Soldadura Estructural de la AWS. Para las estructuras de puentes, debe cumplirse también con las especificaciones del AWS D1.5

650.2.12 Abrasivos y disolventes

Los abrasivos utilizados para la limpieza superficial del acero estructural deben ser arena seca limpia, arenisca mineral o limaduras de acero, a opción del constructor, los cuales deben tener una gradación aprobada para producir resultados satisfactorios.

No se debe permitir el uso de otros abrasivos, sin la aprobación previa del interventor.

A menos que las disposiciones especiales lo prohíban, se pueden emplear disolventes para retirar aceite, grasa u otros contaminantes solubles de acuerdo con la norma SSPC-SP1.

650.3 Equipo

El constructor debe poner a disposición de los trabajos todos los equipos y herramientas necesarios para la correcta y oportuna fabricación de las piezas de acero estructural, de acuerdo con los documentos del proyecto. Además, debe proporcionar los vehículos para su transporte a la obra, así como todas las armazones provisionales y las herramientas, maquinaria, artefactos y pernos ajustadores necesarios para la marcha efectiva del trabajo.

El montaje en el campo de las partes componentes de una estructura, implica el uso de métodos y artefactos que no produzcan daños por torcedura, dobladura u otra deformación del metal.

650.4 Ejecución de los trabajos

650.4.1 Diseño, planos e identificación del acero durante la etapa de fabricación

650.4.1.1 Diseño y planos

Cuando el contrato incluya el diseño definitivo de la estructura de acero, el constructor debe elaborar el proyecto estructural definitivo a partir del anteproyecto, de la información existente y de los resultados de los estudios básicos e investigaciones previas.

El proyecto estructural definitivo debe comprender la elaboración de cálculos, planos de detalle, recomendaciones y demás pormenores característicos, sin omitir parte alguna por haber sido tenida en cuenta en el anteproyecto, de tal manera que con dicho proyecto se pueda construir la obra en la forma más favorable desde los puntos de vista ambiental y económico, garantizándose que sea resistente, funcional, duradera y estética.

El constructor debe someter copias de los planos detallados de fabricación, taller y montaje a la aprobación del interventor. Cualquier trabajo hecho con anterioridad a la aprobación de dichos planos, debe ser a riesgo del constructor. Igualmente, los planos deben contener las calidades y los tamaños y dimensiones detalladas de las partes componentes de la estructura y detalles de las partes misceláneas, como tuercas, pernos, etc.

Para puentes, todos los diseños deben adelantarse siguiendo las especificaciones de la Norma Colombiana de Diseño de Puentes. Para edificaciones, los diseños se ajustan al Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. Para otro tipo de estructuras, los diseños deben cumplir con ASCE-7 y AISC 360.

La aprobación de los diseños o planos, no exime al constructor de su responsabilidad por la correcta ejecución de los trabajos ni por la estabilidad de la obra luego de construida.

650.4.1.2 Identificación de aceros durante la fabricación

650.4.1.2.1 Identificación por el constructor

El constructor debe suministrar al interventor copias certificadas de todos los informes de análisis químicos y pruebas físicas para cada colada de acero, para todos los elementos, siempre que este los requiera. Cada pieza de acero que se ha de fabricar, debe identificarse convenientemente para el interventor.

Los planos de taller deben caracterizar específicamente cada pieza fabricada. Las piezas hechas de acero de grados diferentes no deben tener la misma marca de ensamble o montaje, aunque sean de dimensiones y detalles idénticos.

El sistema de marcas guías utilizado por el constructor para piezas individuales y las instrucciones de corte dadas al taller (generalmente referenciando las marcas guías en los planos de taller con el ítem correspondiente a la orden de compra) deben ser tales, que permitan identificar el número del informe de las pruebas de fábrica.

El constructor puede suministrar material en existencia, siempre que pueda ser identificado por el número de colada y el informe de pruebas de fábrica.

Cualquier material almacenado para uso posterior, debe marcarse con el número del informe de pruebas de fábrica y con el código de identificación por colores (Tabla 650 – 3) de la NTC 4537 (ASTM A6).

650.4.1.2.2 Identificación de aceros durante la fabricación

Durante la etapa de fabricación, cada pieza de acero, debe llevar en forma clara y legible su código de identificación por colores mostrado en la Tabla 650 – 3, para acero (NTC 4005 (ASTM A709)).

Las piezas de acero marcadas individualmente que se utilizan en el tamaño suministrado, o que tienen un tamaño reducido por el desbastado de un borde o extremo que no altera el número de colado o código de color, se pueden utilizar sin codificación adicional, siempre y cuando permanezca legible el número de colado o código de color.

Igual, las piezas de acero que se han de cortar en piezas de menor tamaño, antes de ser cortadas, se deben marcar en forma legible con el código de identificación por colores de la norma.

Las piezas individuales de acero que se han de suministrar en paquetes rotulados, deben marcarse con el código de identificación por color, antes de su retiro del paquete.

Por su parte, las piezas de acero de calidad diferente al acero NTC 4005 (ASTM A709) grado 36, que previamente al ensamble deben estar sujetas a operaciones de fabricación tales como limpieza con aire, galvanizado, tratamiento térmico o pintura que borre la marca del código de color, deben ser marcadas con troqueles de acero o mediante un rótulo resistente bien pegado.

Se debe utilizar el código de la Tabla 650 – 3 para identificar los aceros, en concordancia con esta especificación, durante toda la operación de fabricación.

Otros aceros con excepción del acero (NTC 1920 (ASTM A36)), deben tener un código de color individual que debe establecerse y registrarse para el interventor.

Tabla 650 – 3. Código de identificación por colores

Norma	Código / color
NTC 4005 (ASTM A709)	Grado 100 rojo
NTC 4005 (ASTM A709)	Grado 100W rojo y naranja
NTC 4005 (ASTM A709)	Grado 50 verde y amarillo
NTC 4005 (ASTM A709)	Grado 50W azul y amarillo

650.4.2 Fabricación

El constructor debe elaborar sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), los planos de fabricación, taller y montaje de todas las estructuras metálicas. Estos planos son entregados para revisión y aprobación de la interventoría antes del inicio de la fabricación de la estructura. Por tanto, el inicio de la fabricación de las estructuras metálicas sin la aprobación de dichos planos por parte de la interventoría puede generar el rechazo por parte del interventor de todos los elementos fabricados. No se puede realizar la instalación o montaje de ninguna estructura de acero sin la aprobación de los planos de fabricación, taller y montaje.

650.4.2.1 Almacenamiento de materiales

El material estructural, corriente o prefabricado, debe almacenarse en los talleres y en el sitio de la obra sobre plataformas elevadas, rodillos o cualquier otro tipo de soporte. Se debe mantener libre de tierra, grasa o cualquier materia extraña y proteger siempre contra la corrosión.

650.4.2.2 Montaje en el taller

El montaje total de una estructura completa, incluyendo el sistema de piso o el montaje de componentes individuales de la misma como armaduras, nervaduras de arcos, vigas continuas o vigas maestras, castilletes, caballetes y marcos rígidos, se debe realizar en el taller en la forma que sea requerida en los documentos del proyecto. En caso contrario, el constructor puede optar por el montaje parcial en taller, que debe ser el mínimo trabajo de taller requerido antes de iniciar las operaciones de escariado o las de taladrado en metal sólido, a tamaño normal que deban ser efectuadas en el campo.

650.4.2.3 Perforación de agujeros para pernos

650.4.2.3.1 Perforación de los agujeros

Todos los agujeros para los pernos de alta resistencia deben ser punzonados, escariados o taladrados. Los agujeros terminados al tamaño normal deben ser de uno coma seis milímetros (1,6 mm) (1/16 de pulgada), mayores que el diámetro nominal del perno.

El material que forme parte de una pieza compuesta de no más de cinco (5) espesores de metal, puede ser punzonado a uno coma seis milímetros (1,6 mm) (1/16 de pulgada) más grande que el diámetro nominal del perno, siempre que el grueso del metal no sea mayor de uno coma noventa y un centímetros (1,91 cm) (¾ de pulgada) para acero al carbono, de uno coma cincuenta y nueve centímetros (1,59 cm) (5/8 de pulgada) para acero de aleación y de uno coma veintisiete centímetros (1,27 cm) (½ pulgada) para acero templado y revenido.

Cuando el material que forme parte de una pieza compuesta sea de más de cinco (5) espesores de metal, o alguno de los principales materiales sea más grueso que uno coma noventa y un centímetros (1,91 cm) (¾ de pulgada) para el acero al carbono; de uno coma cincuenta y nueve centímetros (1,59 cm) (5/8 de pulgada) para acero de aleación y de uno coma veintisiete centímetros (1,27 cm) (½ pulgada) para acero templado y revenido, todos los agujeros deben ser punzonados o taladrados a un diámetro menor de cero coma cuatrocientos setenta y seis centímetros (0,476 cm) (3/16 de pulgada), más pequeño que el diámetro nominal del perno y luego, durante el montaje fresados o escariados uno coma seis milímetros (1,6 mm) (1/16 de pulgada) mayores que el diámetro nominal del perno. También, pueden ser taladrados en el metal sólido uno coma seis milímetros (1,6 mm) (1/16 de pulgada) mayores que el diámetro nominal del perno.

650.4.2.3.2 Perforaciones para pernos nervados, pernos torneados u otros pernos aprobados tipo aplastamiento.

Todas las perforaciones para pernos nervados, pernos torneados u otros pernos tipo aplastamiento, se deben taladrar cero coma cuatrocientos setenta y seis centímetros (0,476 cm) (3/16 de pulgada) más pequeños que el diámetro nominal del perno y ensanchar, montar o taladrar con la ayuda de una plantilla metálica o después de montaje, a opción del fabricante. En ningún caso, las perforaciones terminadas deben necesitar un ajuste a martillo.

650.4.2.3.3 Agujeros a punzón

El diámetro del troquel o matriz no debe exceder de uno coma seis milímetros (1,6 mm) (1/16 de pulgada) del diámetro nominal del perno. Si algunos de los agujeros se deben ampliar para admitir los pernos, se deben escariar.

Los agujeros punzonados deben estar bien definidos sin bordes rasgados, rotos o disparejos.

La deficiente coincidencia de agujeros debe ser causa suficiente para su rechazo.

650.4.2.3.4 Agujeros taladrados o escariados

Los agujeros taladrados o fresados deben ser cilíndricos, perpendiculares a la pieza y no mayores de uno coma seis milímetros (1,6 mm) (1/16 de pulgada) que el diámetro nominal del perno. Cuando sea factible, los escariadores se deben dirigir por medios mecánicos. Las rebabas en la superficie exterior, deben ser eliminadas y, debe ser motivo de rechazo, la deficiente coincidencia de los agujeros. El taladro y el escariado se deben hacer con brocas helicoidales.

Así mismo, las piezas armadas se deben desarmar para quitarles las rebabas ocasionadas por el taladrado.

650.4.2.3.5 Agujeros para conexiones en obra, de miembros principales

A menos que se indique en otra forma en las especificaciones particulares, los agujeros para pernos de todas las conexiones y empalmes en obra, de piezas principales de armaduras, vigas y demás miembros principales, deben ser punzonados o taladrados a un diámetro menor y posteriormente escariados al tamaño normal con una plantilla de acero, mientras se efectúa su montaje.

650.4.2.3.6 Agujeros para conexiones en obra, de otros miembros que no sean principales

Con excepción de los miembros principales mencionados anteriormente y donde no se requiera en los documentos del proyecto, perforación a un diámetro menor y posterior escariado, los agujeros en el material de uno coma noventa y un centímetros (1,91 cm) (¾ de pulgada) o menos de espesor, deben ser perforados al diámetro total. Los agujeros de material de más de uno coma noventa y un centímetros (1,91 cm) (¾ de pulgada) de espesor, deben perforarse a un diámetro menor y luego escariados o bien taladrados en sólido, al tamaño normal.

50.4.2.3.7 Precisión de los agujeros punzonados y de los taladrados a diámetro menor

Todos los agujeros punzonados al tamaño normal, punzonados a un diámetro menor o taladrados a un diámetro menor, deben hacerse con una precisión tal, que después de ensambladas las piezas (y antes de realizar el escariado) se pueda pasar perpendicularmente a las piezas y sin desalineado, una varilla cilíndrica de cero coma treinta y dos centímetros (0,32 cm) (1/8 de pulgada) menor que el diámetro nominal del agujero en, por lo menos, un setenta y cinco por ciento (75 %) de cualquier grupo contiguo de agujeros en el mismo plano. Si este requisito no se cumple, deben ser rechazadas las piezas incorrectamente perforadas. Si hay algún agujero que no

permita el paso de una varilla de cero coma cuatrocientos setenta y seis centímetros (0,476 cm) (3/16 de pulgada) menor que el diámetro nominal del agujero perforado, debe ser causa suficiente para rechazarlo.

650.4.2.3.8 Precisión de los agujeros escariados y de los taladrados a tamaño normal

En el caso de los agujeros escariados y los taladrados a tamaño normal, el ochenta y cinco por ciento (85 %) de ellos en cualquier grupo contiguo, después del escariado o taladrado, no debe mostrar una desviación mayor de cero coma ocho milímetros (0,8 mm) (1/32 de pulgada) entre espesores adyacentes de metal.

650.4.2.4 Enderezamiento del material

Todo el material estructural deformado debe ser enderezado por métodos adecuados, antes de ser armado, abrirle agujeros o trabajado de otra manera en el taller.

Las torceduras y dobleces ásperos o filosos deben ser causa de rechazo del material. El enderezado de extremos doblados de láminas, angulares y otros perfiles, se debe hacer por métodos que no causen fractura u otros daños al material. Ningún metal debe ser calentado, a menos que esto sea estrictamente necesario. Por ello, las temperaturas máximas de calentamiento no deben exceder los quinientos noventa grados Celsius (590 °C) para aceros NTC 4014 (ASTM A514) y NTC 4012 (ASMT A852), para otros tipos de acero las temperaturas máximas de calentamiento no deben exceder seiscientos cincuenta grados Celsius (650 °C). Después del calentamiento, el metal debe enfriarse lentamente. A continuación del enderezado de una dobladura, la superficie del metal se debe inspeccionar cuidadosamente, buscando señales de posibles fracturas.

Excepto cuando se requiera una contraflecha, el material debe llenar los siguientes requisitos de rectitud, cuando haya sido colocado en su lugar en el campo. La desviación permisible para una línea recta no debe exceder de un milímetro por metro (1 mm/m).

Además, no se debe usar ningún arriostramiento transversal u otros medios para forzar a un miembro a mantener la rectitud necesaria durante su armado.

650.4.2.5 Curvatura de vigas laminadas y ensambladas

La operación de curvado se debe realizar al calor antes de pintar el elemento; sin embargo, se puede efectuar antes o después de completar la soldadura que se requiera para los atiesadores transversales intermedios. El calentamiento se debe conducir de tal manera que la temperatura del acero no exceda la temperatura especificada en el numeral 650.4.2. La viga no se puede enfriar artificialmente hasta tanto la temperatura haya descendido a trescientos quince grados Celsius (315 °C).

Los aceros fabricados a un punto mínimo de fluencia en exceso de trescientos cincuenta megapascales (350 MPa), no pueden ser curvados al calor.

650.4.2.6 Corte a la llama

El acero estructural, puede ser cortado a la llama, siempre que se obtenga una superficie lisa, libre de muescas y grietas y un perfil

exacto mediante el empleo de una perfiladora mecánica. El corte de llama manual (a pulso) se debe hacer únicamente cuando sea autorizado en las especificaciones particulares. Por ello, la llama cortante debe ser ajustada y manipulada de modo que se evite cortar más allá (hacia adentro) de las líneas prescritas.

Las muescas, grietas y asperezas superficiales que no excedan de cinco milímetros (5 mm) de profundidad, pueden ser eliminadas por cepillado o esmerilado. Los defectos en bordes cortados con llama, no deben ser reparados mediante soldadura, excepto cuando así se indique en las especificaciones particulares. Se pueden reparar con este método muescas o ranuras ocasionales con una profundidad menor de diez milímetros (10 mm), en aquellos tipos de acero estructural considerados como soldables de acuerdo con las normas ASTM o NTC, para el acero de que se trate. La soldadura terminada debe esmerilarse para dejarla lisa y pareja con la superficie contigua.

650.4.2.7 Ajuste para el empernado

Las superficies de metal que entren en contacto, se deben limpiar antes del montaje. Las partes de un miembro se deben montar bien aseguradas y firmemente unidas con pernos antes de empezar el escariado. Las piezas montadas se deben separar, si es necesario, para la remoción de rebabas y virutas producidas por el escariado. Todos los miembros deben estar libres de torceduras, dobladuras y otras deformaciones.

650.4.2.8 Diagrama de contraflechas

El constructor debe proporcionar al interventor un diagrama de contraflechas mostrando la contraflecha en todos los nudos de cada tramo o panel para cada armadura, tomado de las verdaderas medidas obtenidas durante el montaje en el taller, si se trata de montaje completo.

Cuando se use un montaje parcial, el diagrama de contraflechas se debe basar en los valores calculados en cada nudo de la armadura.

Las armaduras deben ser combadas de tal forma que todos los miembros queden rectos y alineados normalmente bajo la carga muerta completa o estrictamente como lo establezcan los documentos del proyecto o documentos de diseño. La fabricación y el montaje de las armaduras, se deben ejecutar de tal manera que se reduzcan los esfuerzos secundarios hasta donde sea factible. Los empalmes en los cordones rectos y en las columnas se deben escariar después de armar los miembros en sus posiciones geométricas apropiadas. Debe ejercerse atención especial, para la eliminación del efecto que producen las barras de amarre y los miembros secundarios. Así mismo, deben tomarse las medidas adecuadas para compensar la pérdida de contraflecha, resultante de la soldadura de conectores de corte a los miembros estructurales.

650.4.2.9 Marcas de coincidencia

Las partes componentes armadas en el taller, con el propósito de abrir agujeros para las conexiones de campo, se deben marcar para el montaje y debe proporcionarse a los constructores en el campo y al interventor, un diagrama que muestre tales marcas.

650.4.2.10 Terminado de bordes y superficies de apoyo

No se requiere pulir o dar terminado a los bordes de las piezas cizalladas o cortadas térmicamente, a no ser que específicamente se establezca en los documentos del proyecto, o que aparezca incluido en una especificación de preparado de borde para soldadura.

A su vez, el terminado de las superficies de apoyo, placas base y otras superficies de apoyo que han de quedar en contacto con concreto o entre sí, debe cumplir los requisitos de aspereza superficial ANSI definidos en la norma ANSI/ASME B46.1, Parte I, así:

- Placas de acero: ANSI dos mil (2 000) micropulgadas (cero coma cero cincuenta y un milímetros (0,051 mm)).
- Placas pesadas en contacto en zapatas que se han de soldar: ANSI mil (1 000) micropulgadas (cero coma cero veinticinco milímetros (0,025 mm)).
- Extremos cepillados de miembros a compresión o extremos pulidos de atiesadores o relleno: ANSI quinientas (500) micropulgadas (cero coma cero ciento veintisiete milímetros (0,0127 mm)).
- Rodillos y balancines de puentes: ANSI doscientos cincuenta (250) micropulgadas (cero coma cero cero sesenta y cuatro milímetros (0,0064 mm)).
- Pasadores y huecos de pasadores: ANSI ciento veinticinco (125) micropulgadas (cero coma cero cero treinta y dos milímetros (0,0032 mm)).
- Asientos de deslizamiento: ANSI ciento veinticinco (125) micropulgadas (cero coma cero cero treinta y dos milímetros (0,0032 mm)).

650.4.2.11 Juntas colindantes

Las juntas a tope de los miembros en compresión, deben tener sus caras acabadas adecuadamente y se deben ajustar exactamente para asegurar un apoyo uniforme.

Los extremos de los miembros en tensión en los empalmes, deben tener un acabado áspero, pero los extremos de los miembros no deben estar en contacto. La abertura no debe exceder de seis milímetros (6 mm).

650.4.2.12 Fabricación de elementos

A menos que se indique en los documentos del proyecto, las placas de acero para elementos principales y placas de empalme para aletas y los elementos principales sometidos a tensión, se deben cortar y fabricar de tal forma, que la dirección primaria del laminado quede paralela a la dirección de los esfuerzos principales de tensión y/o compresión.

Por tanto, los elementos fabricados deben quedar bien aplomados y deben estar libres de torceduras, dobleces y juntas abiertas.

650.4.2.13 Platinas curvas y vigas curvas

650.4.2.13.1 Platinas curvas

Las platinas de acero laminado, no soldadas, curvadas en frío, que soportan carga deben cumplir lo siguiente:

Se deben tomar de platinas en existencia, cuya línea de doblez esté en ángulos rectos con la dirección del laminado, excepto que las nervaduras dobladas en frío para puentes de tablero ortotrópico se puedan doblar en la

Tabla 650 – 4. Radios de doblado

	Espesor en pulgadas (t)				
	Hasta ½	De ½ a 1	De 1 a 1 ½	De 1 ½ a 2 ½	De 2 ½ a 4
	Radios de doblado				
Acero estructural todos los grados	2 t	2,5 t	3 t	3,5 t	4 t

dirección del laminado, si el interventor lo permite.

El doblado debe hacerse de tal manera, que no ocurra ninguna rotura en la platina. Los radios mínimos, medidos en la cara cóncava del metal, están dados en la Tabla 650 – 4, donde "t" es el espesor de la platina.

La tolerancia para la recuperación del acero NTC 4005 (ASTM A709) grados 70W y 100/100W debe ser del orden de tres (3) veces la del acero estructural al carbono. Para el formato en prensa, la luz inferior del troquel debe ser, por lo menos, dieciséis (16) veces el espesor de la platina. Se recomiendan golpes múltiples.

Si se requiere un radio más corto, las platinas deben ser dobladas al calor a una temperatura que no sobrepase de seiscientos cincuenta grados Celsius (650 °C), excepto para aceros NTC 4005 (ASTM A709) grados 70W y 100/100W. Si las platinas de estos aceros tienen que ser dobladas en caliente, a temperaturas superiores a quinientos ochenta grados Celsius (580 °C) o seiscientos diez grados Celsius (610 °C), respectivamente, dichos aceros se deben templar y revenir de nuevo de acuerdo con la práctica de las acerías.

Previo al doblado, las esquinas de las platinas se deben redondear a un radio de uno coma seis milímetros (1,6 mm) en todas las partes de la platina que deben ser dobladas.

650.4.2.13.2 Vigas curvas

Las vigas curvas deben construirse cumpliendo con el numeral 11.4.12 de AASHTO LFRD *Bridge Construction Specifications*.

650.4.2.14 Ajuste de los angulares de refuerzo

Los angulares de refuerzo para extremos de vigas o de soporte en puntos de cargas concentradas, deben ser fresados, esmerilados o rectificados adecuadamente, para asegurar un asiento parejo contra los angulares que forman el ala o contra el ala de las vigas. Se puede permitir el uso de soldadura en vez de fresado o esmerilado, cuando así se determine en los documentos del proyecto o en las especificaciones particulares.

Los angulares intermedios (que no soporten carga concentrada), deben ser suficientemente ajustados para impedir el paso del agua después de ser pintados.

650.4.2.15 Barras de ojo

Los agujeros para pasadores pueden ser cortados con llama, a un diámetro por lo menos de cinco centímetros (5 cm) menor que el diámetro acabado del pasador. Las barras de ojo que vayan a ser colocadas lado a lado en la estructura, se deben afianzar fuertemente unas con otras en el orden en que se deben colocar en el pasador y taladradas en ambos extremos mientras están sujetadas. Las barras de ojo deben ser estampadas con letras de acero en las cabezas de cada pieza al terminar su fabricación, de modo que queden visibles cuando las barras sean colocadas en su lugar en la estructura. Las barras de ojo deben ser rectas y deben estar libres de torceduras y, los agujeros para los pasadores, deben quedar situados con exactitud en la línea central de la barra. La inclinación de las barras respecto del plano de la armadura, no debe exceder de cero coma cinco centímetros por metro (0,5 cm/m).

Los bordes de las barras de ojo que queden entre la línea media transversal de sus agujeros para pasadores, se deben cortar simultáneamente con dos (2) sopletes que trabajen mecánicamente uno frente al otro, guiados por una plantilla maciza para evitar la distorsión de las planchas.

650.4.2.16 Revenido y alivio de esfuerzos

Los elementos estructurales que se deben revenir o normalizar, se deben maquinar, taladrar y enderezar después del tratamiento al calor. El normalizado y revenido (temple total) se deben hacer de acuerdo con lo especificado en la norma ASTM A941. La temperatura dentro del horno se debe mantener uniforme durante el calentamiento y enfriamiento, de modo que no se presente una diferencia de temperatura mayor de treinta y ocho grados Celsius (38 °C) en dos (2) puntos del elemento.

Los elementos de acero de calidad NTC 4005 (ASMT A709), grados 70W y 100/100W, no se deben revenir, normalizar o aliviar de esfuerzos, sin la aprobación previa del interventor.

Un registro de cada cargada de horno debe identificar las piezas e indicar las temperaturas y el programa realmente utilizados. Se deben proporcionar instrumentos apropiados, incluyendo pirómetros de registro, para determinar en cualquier momento la temperatura de los elementos dentro del horno. Los registros de la operación deben estar disponibles al interventor y deben tener su aprobación. Las temperaturas y procedimientos deben cumplir con la sección 4.4. de AWS D1.5.

Los elementos tales como zapatas de puentes, pedestales y otras partes construidas mediante secciones de platina soldadas juntas, se deben aliviar de esfuerzos de acuerdo con la sección 4.4 de la norma AWS D1.5, cuando lo requieran los documentos del proyecto, las especificaciones, o las disposiciones especiales que controlan el contrato.

La disposición 7.7 de AWS D.1.1, no se debe aplicar para formas de acero estructural producidas usando la norma ASTM A913.

650.4.2.17 Pasadores y rodillos

650.4.2.17.1 Características generales

Los pasadores y rodillos se deben tornear exactamente a las dimensiones indicadas en los documentos del proyecto y deben estar rectos, lisos y libres de imperfecciones. Los

pasadores y rodillos de más de veintidós coma nueve centímetros (22,9 cm) de diámetro, deben ser de acero forjado y revenido. Los pasadores y rodillos de veintidós coma nueve centímetros (22,9 cm) o menos de diámetro, pueden ser forjados y revenidos o torneados de acero al carbono acabado en frío.

En los pasadores de más de veintidós coma nueve centímetros (22,9 cm) de diámetro, se debe perforar un agujero de cinco centímetros (5 cm) de diámetro mínimo a todo lo largo del eje después que se ha enfriado la forja a una temperatura por debajo del rango crítico, bajo condiciones adecuadas, para evitar daño por enfriamiento demasiado rápido y con anterioridad al temple.

650.4.2.17.2 Perforación de los agujeros para pasadores

Estos agujeros deben ser taladrados lisos y rectos, de acuerdo con las medidas de los documentos del proyecto, en ángulo recto con los ejes del miembro y paralelos entre sí, a menos que se requieran en otra forma. La superficie final del agujero, debe ser acabada con un taladro más fino.

650.4.2.17.3 Espacio libre para pasadores

El diámetro del agujero para pasador, no debe exceder el diámetro de este en más de cero coma cinco milímetros (0,5 mm) para pasadores de doce coma siete centímetros (12,7 cm) o menos en diámetro, ni de cero coma ocho milímetros (0,8 mm) para pasadores más grandes.

650.4.2.17.4 Roscas para pasadores

Las roscas para pasadores se deben ajustar con precisión en las tuercas y deben cumplir la *Unified Standard* UNC-ANSI B1.1 del *American National Standards Institute*, para clase 2 A en pasadores y pernos, y clase 2 B para tuercas. Excepto para pasadores con diámetro de tres coma cinco centímetros (3,5 cm) o mayor, las roscas deben ser de seis (6) vueltas por pulgada.

650.4.2.17.5 Tuercas guías y de montaje

Se deben proporcionar dos (2) tuercas guías y dos (2) tuercas de montaje para cada tamaño de pasador, a menos que los documentos del proyecto lo indiquen de otra forma.

650.4.2.18 Conexiones con pernos normales

650.4.2.18.1 Generalidades

Los pernos pueden ser no torneados, torneados o pernos nervados que cumplan con los requisitos de los pernos grado A de la norma ASTM F3125 para sujetadores de acero de bajo contenido de carbón roscados exterior e interiormente. Las conexiones pernadas se deben utilizar solamente como se indica en los documentos del proyecto o en disposiciones especiales. Los pernos deben tener doble tuerca o tuercas sencillas de cierre automático a menos que se indique diferente en los documentos del proyecto o en las disposiciones especiales. Cuando las caras de apoyo tienen una pendiente de más de uno a veinte (1:20) respecto de un plano normal al eje del perno, se deben utilizar arandelas biseladas.

650.4.2.18.2 Pernos sin tornear

A menos que se especifiquen otros tipos, deben suministrarse pernos sin tornear.

650.4.2.18.3 Pernos torneados

La superficie del cuerpo de los pernos torneados, debe tener un grado de aspereza de ciento veinticinco (125) según la norma ANSI. Las cabezas y tuercas deben ser hexagonales con las dimensiones estándar para pernos del tamaño nominal especificado o el tamaño nominal siguiente. El diámetro de las roscas debe ser igual al cuerpo del perno o al diámetro nominal del perno especificado. A su vez, los huecos para pernos torneados deben ser ensanchados cuidadosamente con los pernos suministrados para proveer un ligero ajuste de martillo. Las roscas deben quedar totalmente fuera de los huecos y una arandela se debe proveer bajo la tuerca.

650.4.2.18.4 Pernos nervados

El cuerpo de los pernos nervados debe ser de una forma aprobada con nervaduras continuas longitudinales. El diámetro del cuerpo medido sobre un círculo a través de los puntos de las nervaduras debe ser dos milímetros (2 mm) mayor que el diámetro nominal especificado en los pernos.

A menos que se especifique diferente, los pernos nervados se deben suministrar con cabezas redondas de acuerdo con la norma ANSI/ASME B18.5. Las tuercas deben ser hexagonales, bien sea ahuecadas o con una arandela de espesor adecuado. Los pernos nervados deben hacer un ajuste estrecho con los huecos. La dureza de las nervaduras debe ser de tal manera, que estas no se aplasten demasiado para permitir el giro de los pernos dentro de los huecos durante el apretado. Si el perno se tuerce por cualquier razón antes de ser apretado, el hueco debe ensancharse con cuidado y el perno debe ser reemplazado por uno de mayor tamaño.

650.4.2.19 Conexiones con pernos de alta resistencia

650.4.2.19.1 Generalidades

Los pernos de alta resistencia, las tuercas y roldanas de los mismos, deben estar de acuerdo con el numeral 650.2.1.4. Las cabezas y las tuercas deben ser hexagonales. Las roldanas circulares deben ser planas y lisas y las roldanas biseladas, cuadradas o rectangulares. Las medidas de los pernos y tuercas deben satisfacer los requisitos de ANSI B18.2 para pernos pesados hexagonales y tuercas pesadas semiacabadas, hexagonales.

650.4.2.19.2 Piezas unidas con pernos y montaje

Las superficies de las piezas en contacto con la cabeza del perno y la tuerca, deben tener una inclinación no mayor de uno a veinte (1:20), respecto del plano perpendicular al eje del perno. Las partes se deben ajustar sólidamente entre sí al ser montadas, y no se deben separar con empaques u otro material compresible.

Igualmente, las superficies de contacto de las juntas deben estar libres de suciedad, aceite, pintura, laca, galvanizado, escamas de óxido sueltas, rebabas, picaduras y otros defectos que eviten el contacto íntimo de las partes.

Los pernos deben ser instalados con una roldana endurecida debajo del elemento (tuerca o cabeza de perno) que da vuelta al ser

apretado. La roldana debe ser lisa cuando la superficie de contacto de la pieza a unir con el perno o tuerca, tenga una inclinación no mayor de uno a veinte (1:20), en relación con el plano normal al eje del perno.

Cuando la cara exterior de la pieza en contacto tenga una inclinación mayor, se deben usar roldanas biseladas para compensar la falta de paralelismo.

Se debe tener en cuenta que los pernos pueden ser apretados con llaves de fuerza calibradas, llaves de impacto, llaves de torsión manuales u otro método aprobado, hasta alcanzar la tensión requerida en los documentos del proyecto o disposiciones especiales. La tensión mínima no debe ser menor que la tensión de prueba señalada en la Tabla 650 – 5 y la Tabla 650 – 6.

Tabla 650 – 5. Requisitos de propiedades mecánicas para pernos probados de tamaño completo (kilonewtons)

Dimensión normal del perno		Tipo de perno						
			Grupo A Pernos ASTM A325, ASTM F1852			Grupo B Pernos ASTM A490, ASTM F2280		
Pulgadas	mm	Área de tensión (mm^2) (Nota)	Tensión mín.	Medida de longitud de carga de prueba mín.	Método alternativo de resistencia al rendimiento de la carga de prueba mín.	Tensión mín.	Medida de longitud de carga de prueba mín.	Método alternativo de resistencia al rendimiento de la carga de prueba mín.
1/2	12,7	84,3	70	50,6	55,6	87,7	70	79,2
5/8	15,9	157	130	94,2	104	163	130	148
3/4	19,1	245	203	147	162	255	203	230
7/8	22,2	303	251	182	200	315	251	285
1	25,4	353	293	212	233	367	293	332
1 – 1/8	28,6	459	381	275	303	477	381	431
1 – 1/4	31,8	561	466	337	370	583	466	527
1 – 3/8	34,9	817	678	490	539	850	678	768

Nota: el área de tensión se calcula para pulgadas de la siguiente manera: $AS = 0{,}7854\,[D - (0{,}9743/n)]^2$; para métrica: $AS = 0{,}7854\,(D - 0{,}9382P)^2$; donde AS = área de tensión, D = tamaño nominal del perno y P = paso de rosca.

Tabla 650 – 6. Tensión mínima a plena rotación (kilonewtons)

Dimensión normal del perno		Tipo de perno	
Pulgadas	mm	Grupo A Pernos ASTM A325, ASTM F1852	Grupo B Pernos ASTM A490, ASTM F2280
1/2	12,7	57	72
5/8	15,9	108	133
3/4	19,1	164	205
7/8	22,2	205	256
1	25,4	235	297
1 – 1/8	28,6	307	384
1 – 1/4	31,8	373	471
1 – 3/8	34,9	-	-
1 – 1/2	38,1	547	685

Tabla 650 – 7. Rotación de tuercas completamente apretadas (Notas 1 y 2)

Longitud del perno (lado inferior de la cabeza al extremo del perno)	Disposición de caras externas de las partes pernadas		
	Ambas caras normales al eje del perno	Una cara normal al eje del perno, la otra inclinada uno a veinte (1:20) máximo (sin arandelas biseladas)	Ambas caras inclinadas uno a veinte (1:20) máx. de la normal al eje del perno (sin arandelas biseladas)
Hasta cuatro días (4 d) inclusive	1/3 de vuelta	1/2 de vuelta	2/3 de vuelta
De cuatro a ocho días (4 d a 8 d) inclusive	1/2 de vuelta	2/3 de vuelta	5/6 de vuelta
De ocho a doce días (8 d a 12 d) inclusive (Nota 3)	2/3 de vuelta	5/6 de vuelta	1 vuelta

Nota 1: rotación de la tuerca relativa al perno, sin tener en cuenta el elemento (tuerca o perno) que gira. Tolerancia de rotación: hasta media (1/2) pulgada o menos, más o menos treinta grados (30°); dos tercios (2/3) de vuelta o más, más o menos cuarenta y cinco grados (45°).

Nota 2: aplicable solamente a conexiones en que todo el material del agarre es acero.

Nota 3: no se ha establecido un procedimiento de vuelta de tuerca para los pernos con longitudes mayores de doce (12) diámetros. Por consiguiente, la rotación se debe determinar por pruebas reales en dispositivos adecuados para medir la tensión.

La tensión debe ser comprobada por el interventor, mediante llaves de torsión manuales calibradas. Las tuercas deben ser colocadas del lado no visible de los miembros y los agujeros de los pernos deben estar de acuerdo con lo especificado en el numeral 650.4.2.3.

Los pernos ASTM A490 y los pernos galvanizados ASTM A325, no se deben reutilizar. Solamente se pueden reutilizar los pernos ASTM A325, si se tiene la aprobación del interventor. La corrección o reajuste de pernos previamente apretados que se puedan haber aflojado por el ajuste de los pernos contiguos, no debe considerarse como reutilización, siempre y cuando el ajuste continúe desde la posición inicial y no requiera una rotación mayor que la indicada en la Tabla 650 – 7, incluyendo la tolerancia.

650.4.2.20 Soldadura

La soldadura debe realizarse de acuerdo con las prácticas más modernas y cumpliendo los requisitos aplicables de AWS, D1.1, y AWS D.1.5 excepto cuando se disponga en otra forma en los documentos del proyecto o disposiciones especiales. Los documentos del proyecto deben indicar claramente el sitio, tipo, tamaño y amplitud de todas las soldaduras distinguiéndose, además, claramente entre las de taller y las que se deben hacer en obra. El constructor, debe someter a la aprobación del interventor, con anterioridad al inicio del trabajo, los procedimientos propuestos para soldadura que debe llevar a cabo tanto en el taller como en la obra.

Todos los equipos de soldadura, así como los operadores de los mismos, deben ser precalificados previamente por una organización aprobada por INVÍAS y con base en los procedimientos de AWS D1.1. Sin embargo, cuando una empresa fabricante de reconocida capacidad y experiencia precalifica sus equipos de soldar y a los operarios de los mismos, de acuerdo con las normas AWS D1.1, citadas, y presente la certificación correspondiente donde conste que el equipo de soldar y los operarios han sido calificados dentro de los doce (12) meses anteriores a la iniciación del trabajo en la estructura de que se trate y, además, que ha estado llevando a cabo soldaduras satisfactorias del tipo exigido, en el período de tres (3) meses anteriores al trabajo requerido, el interventor puede considerar idóneos tales equipos y operarios. Cuando la empresa fabricante o el constructor no han tenido las facilidades para precalificar sus equipos y operarios, estos pueden ser precalificados de acuerdo con la norma AWS D1.1, citadas, por una organización aprobada.

No obstante, el interventor puede ordenar el examen de los equipos que, a su criterio, no sean satisfactorios o de los operarios cuya habilidad o experiencia sea dudosa.

Las soldaduras no se deben hacer cuando las superficies están mojadas o expuestas a la lluvia, viento fuerte o si los soldadores están expuestos a condiciones inclementes del tiempo.

Las soldaduras no deben exceder de las especificadas en los documentos del proyecto, ni deben ser cambiadas sus localizaciones sin la aprobación expresa del interventor.

650.4.2.21 Pintura de taller

650.4.2.21.1 Preparación de la superficie

Las superficies de metal a ser pintadas, incluyendo las galvanizadas, se deben limpiar perfectamente, quitando el polvo, óxido, las escamas sueltas de laminado, escamas de soldadura, suciedad, aceite o grasa y otras sustancias extrañas. A menos que la limpieza se efectúe por medio de chorro de arena, se debe neutralizar toda el área de soldadura con un agente químico apropiado y se debe lavar bien con agua, antes de principiar la limpieza.

El grado de limpieza de la superficie debe ser el definido en los documentos del proyecto o el que apruebe el interventor acorde con la norma SSPC aplicable, según la exigencia de limpieza que se requiera.

Para evitar la oxidación de un área limpiada, previa a su pintura, aquella debe ser suficientemente pequeña. Si las superficies que ya se han limpiado se oxidan antes de aplicarles la pintura, el constructor debe limpiarlas de nuevo, sin cargo adicional para INVÍAS.

La primera mano de pintura se debe aplicar a superficies completamente libres de oxidación. La limpieza se debe efectuar con abrasivos (chorro de arena o de limaduras de acero), vapor o disolventes, según se indique en los documentos del proyecto. Se deben utilizar cepillos de alambre manuales o mecánicos, herramientas de raspado manual o papel de lija, para remover todo el polvo, herrumbre suelta y escamas de laminado o la pintura que no esté firmemente adherida a las superficies metálicas.

Todas las superficies galvanizadas que se han de pintar, se deben limpiar primero mediante el lavado con un disolvente de espíritu mineral, para remover cualquier aceite, grasa o material extraño al recubrimiento galvanizado.

650.4.2.21.2 Aplicación de pintura de taller

La estructura de acero debe ser pintada con dos (2) manos de pintura de taller, después de que haya sido aceptada, y antes de su envío.

Las superficies que no vayan a quedar en contacto entre sí, pero que sean inaccesibles después del montaje final, se deben pintar con tres (3) manos de pintura de taller. Las superficies que vayan a quedar en contacto entre sí en el campo, deben recibir una (1) mano de pintura en el taller, excepto los empalmes principales para cordones de armadura y los empalmes grandes de vigas armadas que involucren múltiples espesores de metal, en cuyo caso, la mano de pintura de taller puede dificultar el montaje. Las superficies de contacto en el campo que no hayan sido pintadas con una (1) mano de pintura de taller, deben recibir una (1) mano de laca u otro recubrimiento protector aprobado.

No se deben pintar las superficies que vayan a estar en contacto con el concreto.

El acero estructural que vaya a ser soldado, no se debe pintar antes de que la soldadura haya sido completada. El acero que se vaya a soldar solamente en el taller y seguidamente se haya de unir con pernos en el campo, debe recibir dos (2) manos de pintura después de terminada la soldadura de taller. El acero que vaya a ser soldado en el campo, debe recibir una (1) mano de recubrimiento protector aprobado, después de completarse la soldadura y montaje en el taller.

Se debe dar una (1) mano de pintura a las piezas fundidas de acero, pulidas o acabadas.

Con excepción de las juntas a tope y láminas de base, las superficies acabadas a máquina deben ser pintadas tan pronto como sea posible, después de haber sido aceptadas, con una (1) mano de protector debidamente aprobado, antes de retirarlas del taller.

Las marcas de montaje para identificación de los miembros en el campo y las marcas indicadoras del peso, se deben pintar sobre superficies previamente pintadas con la mano de pintura de taller. El material no se debe cargar para su envío, a menos que esté completamente seco y, en cualquier caso, en no menos de veinticuatro horas (24 h) después de haberse aplicado la pintura.

650.4.2.21.3 Limitaciones

No debe aplicarse pintura cuando la temperatura del acero pase de treinta y ocho grados Celsius (38 °C), haya niebla, esté lloviznando o lloviendo, la humedad relativa del aire exceda de ochenta y cinco por ciento (85 %) o cuando la temperatura del aire sea inferior a cinco grados Celsius (5 °C).

No se debe aplicar pintura sobre superficies húmedas o sobre superficies tan calientes que produzcan ampollas en la pintura o una película porosa de la misma.

Cuando la pintura se deba aplicar forzosamente en tiempo húmedo o frío, el acero se debe pintar bajo techo o cubierta y se debe mantener resguardado hasta que la pintura seque

completamente o hasta que las condiciones del tiempo permitan su exposición al aire libre.

Se deben garantizar las condiciones ambientales y de salubridad en el proceso de pintura.

650.4.2.21.4 Aplicación de otros tipos de pintura

Cuando los documentos del proyecto indiquen la aplicación de pinturas diferentes a las especificadas en el numeral 650.2.10.2, aquellos deben indicar el procedimiento de aplicación en el taller y en el campo, así como sus limitaciones.

650.4.3 Embarque y almacenamiento de los elementos

650.4.3.1 Embarque

El constructor debe marcar cada elemento apropiadamente para facilitar el montaje y debe suministrar al interventor un diagrama de montaje, así como todas las copias que estos demanden de órdenes de materiales, diagramas de montaje y relaciones de despachos que indiquen los pesos de los elementos individuales. Los elementos que pesen más de tres toneladas (3 t), deben llevar los pesos marcados sobre ellos.

Los elementos estructurales se deben cargar en camiones, de tal forma que puedan ser transportados y descargados en el sitio de destino sin que sufran esfuerzos excesivos, se deformen o se dañen de otra manera.

Los pernos de la misma longitud y diámetro, lo mismo que las tuercas o arandelas sueltas de cada tamaño, se deben empacar por separado. Los pasadores, partes pequeñas y paquetes de pernos, arandelas y tuercas se deben despachar en cajas, guacales o barriles, pero el peso bruto de cada paquete no debe exceder de ciento cincuenta kilogramos (150 kg). Una lista y una descripción del material contenido, se deben marcar claramente en el lado exterior de cada paquete de embarque.

650.4.3.2 Almacenamiento

El acero se debe almacenar sobre plataformas o sobre largueros por encima del suelo y se debe proteger, tanto como sea posible, de la exposición a condiciones que produzcan oxidación u otro deterioro superficial. Las vigas de alma llena y las vigas armadas, se deben colocar con el alma vertical y deben apuntalarse. Los miembros largos, tales como columnas y cordones, se deben apoyar sobre largueros colocados lo suficientemente cerca para evitar daños por deflexión.

650.4.4 Montaje

650.4.4.1 Generalidades

Si la infraestructura y la superestructura se construyen bajo contratos diferentes, se deben proporcionar al constructor todas las obras de infraestructura de acuerdo con las elevaciones y alineamientos correctos y se deben establecer las elevaciones y alineamientos para la colocación del acero.

El constructor debe verificar a su costo la obra, para considerar y realizar ajustes dimensionales en los planos de fabricación taller y montaje que debe elaborar, acorde con el numeral 650.4.2.

El constructor debe instalar la estructura metálica, debe retirar la construcción provisional y debe ejecutar todos los trabajos necesarios para la terminación de la obra. En caso de estar estipulado, se deben retirar las estructuras existentes, siempre en concordancia con los documentos del proyecto y las especificaciones.

650.4.4.2 Diagrama de montaje

Si la fabricación y el montaje de la superestructura se realizan bajo contratos diferentes, debe corresponder al fabricante la elaboración de planos de fabricación y taller y, al constructor, la elaboración de los planos de montaje. Se deben incluir diagramas de arqueo, diagramas de montaje, lista de los pernos de campo, y copia de la relación de despachos que muestre la lista de las partes, con sus pesos respectivos.

Si las dos (2) actividades se ejecutan en el mismo contrato, el constructor debe elaborar los planos exigidos en el numeral 650.4.2 y debe proporcionar diagramas de montaje preparados por el fabricante, en los cuales se deben indicar el método y el procedimiento de montaje por emplear, los cuales deben ser compatibles con los detalles de fabricación.

650.4.4.3 Obra falsa

La obra falsa o construcción provisional necesaria para el montaje de la estructura de metal, debe ser diseñada, sólidamente construida y mantenida en forma adecuada para que resista las cargas a las que debe ser sometida.

El constructor debe proponer y someter para la aprobación del interventor, planos de la obra falsa y de los cambios necesarios para mantener el tránsito en estructuras existentes. La aprobación de los planos del constructor no lo debe exonerar de cualquier responsabilidad.

650.4.4.4 Métodos de trabajo

Con anterioridad al inicio de los trabajos de montaje, el constructor debe informar al interventor sobre el método que pretende seguir, como también la cantidad y características del equipo que se propone utilizar, el cual está sujeto a la aprobación de este. La aprobación del interventor no debe exonerar al constructor de la responsabilidad por la seguridad de su método o equipo y de la ejecución de los trabajos en total concordancia con los documentos del proyecto y las especificaciones. No se debe ejecutar ningún trabajo sin antes haber obtenido la aprobación del interventor.

650.4.4.5 Apoyos y anclajes

650.4.4.5.1 Preparación de las áreas de soporte

El constructor de la infraestructura debe terminar las áreas de apoyo para las zapatas de la armadura de acero, de acuerdo con los documentos del proyecto y los niveles requeridos. Las zapatas y láminas de soporte no deben ser colocadas sobre superficies indebidamente acabadas, deformadas o irregulares. El constructor de la superestructura debe verificar la localización, elevaciones y acabado de las áreas de soporte y notificar al interventor sobre cualquier variación de los requisitos de los documentos del proyecto.

Debe tenerse en cuenta que los apoyos para puentes no se deben colocar sobre superficies

que presentan irregularidades o están terminadas incorrectamente.

650.4.4.5.2 Métodos de colocación de las zapatas y láminas de soporte

El constructor de la superestructura debe colocar las zapatas niveladas en su posición exacta sobre las áreas de apoyo.

Las zapatas y láminas de soporte, pueden ser colocadas sobre láminas de plomo; almohadillas preformadas de caucho y fibra de algodón; o almohadillas elastoméricas de soporte de las calidades indicadas en el numeral 650.2.9, o bien sobre una capa de mortero de cemento hidráulico, según los detalles de los documentos del proyecto o las disposiciones especiales de diseño. En caso de usar mortero de cemento, se debe cuidar de no colocar ninguna carga sobre las zapatas hasta que el mortero haya endurecido por lo menos durante noventa y seis horas (96 h), debiendo conservarse humedecido el mismo durante ese período. En todo caso, se deben seguir las especificaciones del diseño.

650.4.4.5.3 Pernos de anclaje

La ubicación de los pernos de anclaje en relación con los agujeros de las zapatas o láminas de soporte, debe ser la que corresponda a la temperatura al efectuar el montaje. Las tuercas en los pernos de anclaje de los apoyos móviles de puentes, se deben ajustar para permitir el libre movimiento de la estructura. Si la infraestructura y la superestructura van a ser construidas bajo contratos separados, los pernos de anclaje deben colocarse por el constructor de la infraestructura y debe ser responsabilidad del constructor de la superestructura proporcionar al primero los pernos de anclaje, los planos correctos para su colocación y el acompañamiento en la instalación.

650.4.4.5.4 Láminas de soporte o de expansión de bronce o de aleación de cobre

Cuando se empleen láminas de soporte o de expansión de bronce o de aleación de cobre, de la calidad especificada en el numeral 650.2.9.3, las superficies de deslizamiento del acero en contacto con las láminas de soporte o de expansión, deben ser recubiertas con un lubricante del tipo recomendado por el fabricante de las láminas.

650.4.4.5.5 Balancines y soportes colgantes

A menos que se indique en otra forma en los documentos del proyecto o disposiciones especiales, los soportes especiales, como los balancines y los soportes colgantes para tramos suspendidos, deben ser colocados a plomo, y los dispositivos de expansión ajustados a la temperatura durante el montaje y tomando en cuenta el cambio de longitud de la estructura debido a la deflexión por carga muerta.

650.4.4.6 Enderezamiento de material doblado y contraflecha

650.4.4.6.1 Enderezamiento de material doblado

El enderezamiento de platinas, ángulos, otros perfiles y elementos armados, cuando lo autorice el interventor, se debe llevar a cabo por métodos que no produzcan roturas u otros tipos de averías. Los elementos torcidos se

deben enderezar por medios mecánicos, con la aprobación del interventor, por procedimientos planeados cuidadosamente y aplicación supervisada de una cantidad limitada de calor. Los elementos de acero de calidad NTC 4012 (ASTM A852), solamente se pueden enderezar al calor, mediante procedimientos rígidamente controlados y cada aplicación de calor debe estar sujeta a la aprobación del interventor. La temperatura máxima debe cumplir con el numeral 650.4.2.4 y no exceder de cuatrocientos ochenta grados Celsius (480 °C), respectivamente, en el metal de aporte o dentro de quince centímetros (15 cm) de este. La temperatura se puede controlar con tizas indicadoras de temperatura, líquidos o termómetros bimetales.

Las paredes que se han de enderezar al calor, deben estar sustancialmente libres de esfuerzos y de fuerzas externas, salvo los esfuerzos resultantes de los medios mecánicos utilizados conjuntamente con la aplicación de calor.

Luego del enderezado de una curva o bomba, se debe inspeccionar cuidadosamente la superficie del metal, para detectar cualquier tipo de rotura.

650.4.4.6.2 Contraflecha

La corrección de errores en el bombeo en vigas y viguetas de material NTC 4014 (ASTM A514), se hace solamente bajo procedimientos rígidamente controlados.

650.4.4.7 Ensamblaje

Las partes se deben ensamblar con exactitud, siguiendo las indicaciones de los documentos del proyecto y las contramarcas de montaje. El material se debe manejar con cuidado, a fin de evitar que alguna de las partes sufra dobleces, rupturas y averías. Se debe impedir el martilleo que cause daños o torceduras a los elementos. Antes del ensamble de los elementos, se deben limpiar las superficies de apoyo y aquellas que estén en contacto permanente.

650.4.4.8 Conexiones con pasadores

El clavado de pasadores se debe llevar a cabo con la utilización de tuercas guías y tuercas de golpeo suministradas por el constructor sin costo alguno para INVÍAS. Los pasadores se clavan en forma tal, que los elementos tengan contacto completo sobre ellos. Las tuercas de los pasadores se deben atornillar con fuerza y las roscas se deben escariar con una herramienta en el lado de la tuerca.

650.4.4.9 Pintura de campo

Cuando el trabajo de montaje en el campo haya terminado, incluyendo el empernado, soldado y el enderezado del metal doblado, se debe eliminar todo el óxido, escamas, suciedad, grasa y otro material extraño adherido, según se especifica en el numeral 650.4.2.21.1, antes de la aplicación de cualquier pintura.

Se debe aplicar una (1) mano de retoque a los pernos y soldaduras de campo, inspeccionados y aprobados, y a todas las superficies cuya pintura de taller se haya gastado o deteriorado.

Cuando la mano de retoque de campo haya secado completamente y la limpieza de campo se haya terminado satisfactoriamente, se deben aplicar las manos de campo que sean requeridas en los documentos del proyecto o

las disposiciones especiales, pero no menos de dos (2).

En ningún caso, se debe aplicar una (1) mano de pintura hasta que la anterior haya secado completamente en todo el espesor de la película de pintura. Todos los intersticios y cavidades pequeñas que no fueron selladas a prueba de agua al suministrar la primera mano de campo, se deben llenar con productos aprobados por la interventoría.

Aquellas superficies que sean inaccesibles después del montaje, se deben pintar previamente con dos (2) manos de campo.

La aplicación de la segunda mano de campo se debe posponer hasta que se haya colocado y acabado el trabajo del concreto adyacente. Si las operaciones del concreto han dañado la pintura, la superficie afectada se debe limpiar y pintar de nuevo, sin que sea posible cargar el costo al presupuesto del contrato de obra respectivo.

Si el tránsito produce una cantidad dañina de polvo, el constructor debe, antes de aplicar la pintura (sin cargar el costo al presupuesto del contrato de obra respectivo), reprimir el polvo a una distancia prudencial y tomar precauciones necesarias para evitar que este y la suciedad entren en contacto con las superficies pintadas.

Las limitaciones climatológicas indicadas para la pintura en taller, deben regir igualmente para la pintura de campo.

650.4.4.10 Ajustes de defectos

La corrección de defectos menores que comprenden pequeñas cantidades de rimado, cortado y virutas, se debe considerar como parte normal del montaje. Sin embargo, cualquier error en la fabricación de taller o deformación resultante del manejo y transporte, que impida el ensamble correcto y el encaje de las partes por el uso moderado de pasadores de montaje o por una cantidad apreciable de rimado y cortado o cincelado, se debe reportar inmediatamente al interventor y debe obtener la aprobación del método de corrección, la cual se debe realizar en presencia de este. Si se trata de un contrato de montaje únicamente, el interventor, con la cooperación del constructor, debe mantener un registro completo de los materiales y la mano de obra utilizados.

650.4.5 Remoción de la obra falsa y limpieza

Al terminar el montaje y antes de su aceptación final, el constructor debe retirar toda obra falsa, materiales excavados y no utilizados, desechos, basura y construcciones temporales, restaurando en forma aceptable toda la propiedad, tanto pública como privada, que pueda haber sido afectada durante la ejecución de este trabajo y dejar el lugar de la estructura y el área adyacente, limpios y presentables.

650.4.6 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para la fabricación, embarque, almacenamiento y montaje de estructuras de acero, se deben realizar tenien-

do 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 estar incluidas en los costos del proyecto; por tanto, no son objeto de reconocimiento directo en el contrato.

650.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

650.5.1 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.

Se deben efectuar los controles estipulados en la Norma Colombiana de Diseño de Puentes, AISC-360, AISC-303, AWSD 1.1 y AWSD 1.5.

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

- Verificar que los materiales empleados cumplan los requisitos de calidad especificados.
- Constatar el cumplimiento de las disposiciones existentes en el artículo 102, Aspectos generales de seguridad y salud.
- Corroborar el estado y el funcionamiento del equipo de construcción.
- Vigilar que los trabajos se realicen de acuerdo con los documentos del proyecto, las disposiciones especiales y esta especificación.
- Comprobar que las conexiones con pernos tengan la tensión apropiada.

El interventor debe revisar y aprobar, cuando corresponda, los diseños, planos y diagramas necesarios para la ejecución de los trabajos; así mismo, debe evaluar los métodos de trabajo propuestos por el constructor y los debe aprobar cuando los considere adecuados; también, debe exigir las certificaciones requeridas para el equipo de soldadura y sus operarios.

Los ensayos se deben llevar a cabo en un laboratorio que cuente con experiencia y/o trayectoria en ejecución de pruebas y ensayos de control de calidad, que pueda 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, además, 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. También debe tener un programa de calibración de sus equipos y asegurar que los resultados de la medición sean trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI), mediante alguna de las siguientes alternativas:

- La calibración de los equipos proporcionados por un laboratorio de metrología acreditado por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (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 interventor debe medir, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas satisfactoriamente por el constructor.

650.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

650.5.2.1 Recibo de materiales

Siempre que lo considere conveniente, el interventor puede exigir al constructor los informes de análisis químicos y pruebas físicas efectuadas por el fabricante, que determinen la calidad del acero empleado. Si no los suministra, el interventor, puede ordenar la ejecución de las pruebas pertinentes, a expensas del constructor. Todo material que no cumpla las exigencias de la respectiva especificación, debe ser rechazado.

650.5.2.2 Identificación

El interventor se debe abstener de autorizar la fabricación de la estructura, si las piezas no están debidamente identificadas como se indica en el numeral 650.4.1.2.

650.5.2.3 Perforaciones

Solamente se debe aceptar acero en el cual las perforaciones efectuadas a las piezas se encuentren dentro de las tolerancias mencionadas en el numeral 650.4.2.3.

650.5.2.4 Fabricación y montaje

El interventor únicamente debe admitir la obra llevada a cabo de acuerdo con los diseños y los planos de fabricación, taller y montaje, empleando los materiales adecuados y cumpliendo los requisitos y tolerancias establecidos en los diferentes apartes del numeral 650.4.

Todo material u obra ejecutada, cuya calidad y características no se ajusten a los documentos del proyecto aprobados por el interventor y esta especificación, deben ser corregidos por el constructor, sin costo alguno para INVÍAS, empleando procedimientos aprobados por el interventor.

650.6 Medida

La unidad de medida del acero estructural debe ser el kilogramo (kg), aproximado al entero, de acero incorporado en la estructura, de acuerdo con los documentos del proyecto aprobados por el interventor, esta especificación y la NTC 5832. 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 debe incluir el acero estructural, apoyos especiales y demás materiales complementarios requeridos en los documentos del proyecto y disposiciones especiales, satisfactoriamente suministrados y montados, incorporados permanentemente en la estructura objeto del trabajo.

Los tipos de miembros de acero y otros materiales estructurales que se midan, deben estar de acuerdo con la clasificación señalada en los

documentos del proyecto o en las disposiciones especiales. Los pernos de anclaje se deben contar para el pago, aún cuando los mismos no sean instalados por el constructor.

No se debe hacer medida por separado de los pasadores y pernos de montaje; soldaduras, pintura de taller y de campo; galvanizado; cajas, jaulas y otros empaques usados para embarques; planos de fabricación, taller y montaje, diseño y construcción de obra falsa; soleras, puntales y varillas empleadas para sostener las piezas durante su transporte y montaje; y demás materiales requeridos para completar satisfactoriamente el trabajo de acuerdo con los documentos aprobados por el interventor y estas especificaciones.

Tampoco debe haber medida separada de almohadillas elastoméricas o preformadas, excepto si ellas se consideran en otra partida de pago.

650.6.1 Masa de los metales

Se debe calcular con base en las siguientes masas unitarias, en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3):

- Aluminio fundido o forjado: dos mil setecientos setenta (2 770)
- Bronce fundido: ocho mil quinientos ochenta (8 580)
- Aleación de cobre: ocho mil quinientos ochenta (8 580)
- Cobre en láminas: ocho mil novecientos treinta (8 930)
- Hierro fundido: siete mil ciento veinte (7 120)
- Hierro maleable: siete mil quinientos veinte (7 520)
- Hierro forjado: siete mil setecientos noventa (7 790)
- Plomo en láminas: once mil trescientos diez (11 310)
- Acero, laminado, fundido, cobrizo, al silicio, al carbón, aleado, al níquel e inoxidable, todos los grados: siete mil ochocientos cuarenta (7 840)
- Zinc: siete mil doscientos (7 200)

650.6.2 Perfiles, láminas, barras y tuberías de acero

Como una excepción de lo estipulado anteriormente, las masas de los perfiles estructurales y otras piezas laminadas a rodillo, barras y láminas, así como la tubería de acero, se deben calcular con base en los pesos nominales indicados en los manuales, usando las medidas mostradas en los planos aprobados de fabricación. A menos que se indique en otra forma en dichos planos, se deben deducir todos los recortes, cortes y agujeros abiertos, con excepción de los agujeros para pernos.

No se deben permitir tolerancias para excesos de peso ni para capas protectoras. La masa de todas las cuñas mostradas en los planos aprobados de fabricación, se deben incluir en la cantidad de acero estructural que se deba pagar.

650.6.3 Masa de las cabezas de pernos, tuercas, roldanas y puntas roscadas salientes de pernos

La masa de las cabezas de pernos, tuercas, roldanas y puntas roscadas salientes de

pernos, se deben calcular con base en los valores indicados en la Tabla 650 – 7.

650.6.4 Soldaduras

En concordancia con lo dispuesto en la NTC 5832, no se debe incluir el peso de la soldadura para la cuantificación de cantidades, por lo tanto el costo de la soldadura debe tenerse en cuenta en el precio unitario del kilogramo de acero.

650.6.5 Piezas fundidas

La masa de las piezas fundidas se debe calcular con base en las medidas mostradas en los documentos del proyecto, descontando los agujeros, y añadiéndole un cinco por ciento (5 %) como compensación por biseles y excedentes. Pueden ser sustituidas las masas calculadas por los pesos de la báscula en el caso de partes fundidas pequeñas y complejas, sobre las cuales resultan difíciles los cálculos de masas exactas.

650.7 Forma de pago

El pago se debe realizar al precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado de acuerdo con los documentos del proyecto aprobados por el interventor y esta especificación.

650.7.1 Diseño y fabricación de estructura metálica

El precio unitario para el diseño y la fabricación de la estructura metálica, debe cubrir todos los costos por concepto del diseño de la estructura, planos de diseño, planos de fabricación, taller y montaje, suministro de materia prima, cargues, transportes, descargues, almacenamiento, corte, ensayos, patentes, desperdicios, fabricación y montaje en el taller, pintura de taller, soldaduras, equipo y mano de obra necesarios para ejecutar correctamente el trabajo especificado de acuerdo con los documentos del proyecto aprobados por el interventor y esta especificación. Además, debe incluir la administración, los imprevistos y la utilidad del constructor.

650.7.2 Fabricación de estructura metálica

El precio unitario por la fabricación de la estructura metálica debe comprender todos los conceptos mencionados en el numeral 650.7.1, excepto el valor del diseño de la estructura.

El precio unitario debe incluir, también, la administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

650.7.3 Transporte de estructura metálica

El precio unitario para el transporte de la estructura metálica debe cubrir todos los costos por concepto de trasladar la estructura, aceptada por el interventor, del taller al sitio de instalación de la obra, y su almacenamiento de acuerdo con las indicaciones del interventor.

El precio unitario debe incluir, igualmente, la administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

650.7.4 Montaje y pintura de estructura metálica

El precio unitario para el montaje y la pintura de la estructura metálica debe cubrir todos los costos por concepto de elaboración de diagra-

mas de montaje, materiales y diseño y construcción de la obra falsa; equipos, mano de obra, andamios, instalaciones temporales y cables aéreos; así como los costos por concepto de ensamblaje y erección de la estructura en el sitio de la obra; los ajustes de defectos; el suministro y transporte de la pintura de campo, la preparación de las superficies metálicas, soldadura, la aplicación de las manos de pintura especificadas; la señalización temporal de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos, y en general, todo costo necesario para el correcto montaje y pintura de campo de la estructura de acero.

El precio unitario debe incorporar, también, la administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

650.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
650.1	Diseño y fabricación de estructura metálica	Kilogramo (kg)
650.2	Fabricación de la estructura metálica	Kilogramo (kg)
650.3	Transporte de estructura metálica	Kilogramo (kg)
650.4	Montaje y pintura de estructura metálica	Kilogramo (kg)
650.5	Transporte marítimo y/o fluvial de estructura metálica	Kilogramo (kg)
650.6	Diseño y fabricación de estructura metálica galvanizada	Kilogramo (kg)
650.7	Fabricación de la estructura metálica galvanizada	Kilogramo (kg)
650.8	Montaje de estructura metálica galvanizada	Kilogramo (kg)
650.9	Transporte marítimo y/o fluvial de estructura metálica galvanizada	Kilogramo (kg)

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)

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

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-

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).

- 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 demarcación de pavimentos termoplástico retrorreflectiva blanco y amarillo (forma solida) y la NTC 5868, Materiales para demarcación 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)

Tachas reflectivas

Artículo 701 – 22

701.1 Descripción

Este trabajo consiste en el suministro, almacenamiento, transporte y colocación de tachas reflectivas en la superficie del pavimento, utilizando adhesivos adecuados para que resistan el tránsito automotor sin desprenderse, de acuerdo con esta especificación, los planos del proyecto y las instrucciones del interventor.

701.2 Materiales

701.2.1 Tachas

Las tachas reflejantes instaladas sobre el pavimento deben estar elaboradas con materiales metálicos, plásticos o similares de alta resistencia y el material reflectivo debe ser vidrio o acrílico, de forma prismática, o esférica. Pueden ser retrorreflectivas en uno (1) o dos (2) sentidos y ser iluminadas internamente con luz continua, nunca destellante. Algunas tachas pueden ser retrorreflectivas desde cualquier dirección. En casos de poca iluminación o en lugares con presencia de niebla, se pueden colocar tachas solares si los documentos del proyecto así lo indican.

Cuando se usen en vías unidireccionales pueden ser retrorreflectivas o iluminadas solo en el sentido del tránsito y en vías bidireccionales deben ser retrorreflectivas o iluminadas en ambos sentidos.

No se debe permitir el suministro e instalación de tachas cuyo periodo de tiempo, comprendido entre su fabricación y su instalación exceda de doce (12) meses, independientemente de sus condiciones de almacenamiento.

Las tachas deben cumplir, además, los siguientes requisitos generales:

701.2.1.1 Clasificación

Las tachas retrorreflectivas se deben clasificar por el tipo, color y características de sus superficies de acuerdo con las siguientes clasificaciones (no se deben aceptar otras diferentes a las indicadas aquí). Esta clasificación va de acuerdo con el Manual de Señalización Vial del Ministerio de Transporte y la NTC 4745, vigentes.

701.2.1.1.1 Tipos de tachas retrorreflectivas

Tipo A: tacha retrorreflectiva bidireccional de un (1) solo color.

Tipo B: tacha retrorreflectiva unidireccional de un (1) solo color.

Tipo E: tacha retrorreflectiva bidireccional, de dos (2) colores.

701.2.1.1.2 Color de las tachas retrorreflectivas

Los elementos retrorreflectivos de las tachas deben ser blancos para complementar una demarcación plana blanca, amarillos para complementar una demarcación amarilla, azules para aproximaciones a hospitales, clínicas y centros de atención médica, rojos, para indicar al conductor que va en contra del sentido del tránsito o el acceso a una rampa de emergencia y verdes, utilizadas de forma temporal para obra, queda a criterio del diseñador la utilización de estas.

La clasificación de colores es la siguiente:

B: blanco.

A: amarillo.

R: rojo.

AZ: azul.

V: verde.

La Tabla 701 – 1 establece el tipo y color de la tacha a utilizar en función de la línea de demarcación que complementan.

Tabla 701 – 1. Clasificación de las tachas reflectivas en función del tipo de línea de demarcación vial.

Tipo de línea	Patrón de línea	Tipo de Tacha reflectiva	Color tacha
Líneas "centrales" que separan flujos opuestos (Nota 1)	Segmentadas continuas dobles	A A A	Amarillo Amarillo Amarillo
Líneas que separan carriles (Nota 2)	Segmentadas continuas	B o E B o E	Blanco o Blanco/Rojo Blanco o Blanco/Rojo (Nota 4)
Líneas de borde de pavimento. (Nota 3)	Segmentadas continuas	N/A A o B	 Blanco o Amarillo
Líneas canalizadoras Achurado	Continuas -	B A	Blanca Blanco o Amarillo
Demarcación divergente y convergente	-	E	Blanco/Rojo

Nota 1: este tipo de línea corresponde a vías de una calzada con doble sentido de circulación y/o a vías de dos (2) calzadas sin separador central.

Nota 2: este tipo de línea se utiliza para delimitar los carriles que conducen el tránsito en una misma dirección.

Nota 3: se considera línea de borde de pavimento a la línea adyacente a un separador central y/o a las líneas de borde de calzada.

Nota 4: la justificación del uso de tachas reflectivas de color blanco/rojo y/o verde, debe ser soportado por un estudio realizado por un especialista en vías y/o tránsito y aprobado por la interventoría.

701.2.1.1.3 Características de superficie

Designación H: tacha con superficie de lente dura, resistente a la abrasión.

Designación F: tacha con resistencia longitudinal suficiente para la aplicación en pavimentos de concreto asfaltico flexible.

La clasificación debe incluir: tipo, color y condición de superficie (este último solo para el caso de tachas designadas como H), en el orden presentado en los numerales anteriores.

Por ejemplo, ERBH, es una tacha bidireccional, roja y blanca, con superficie resistente a la abrasión.

Los documentos del proyecto deben indicar el tipo de tachas por utilizar.

701.2.1.2 Materiales y dimensiones

Debe estar constituido por materiales con resistencia adecuada al agua, las sustancias químicas y los rayos ultravioleta indicados para el uso previsto.

- La altura de la tacha no debe ser superior a veinte coma tres milímetros (20,3 mm).
- El ancho de la tacha no debe ser superior a ciento treinta milímetros (130,0 mm).
- El ángulo entre la superficie de la tacha y la base no debe ser superior a cuarenta y cinco grados (45°); si el ángulo entre la superficie de la tacha y la base es superior a cuarenta y cinco grados (45°), o si el frente de la tacha tiene protuberancias superiores a un milímetro (1 mm) entonces, como parte de la aceptación de tipo, la tacha se debe someter a un ensayo de seis (6) meses en la vía durante la época del año en que las condiciones climáticas y del tráfico son más críticas para la facilidad de limpieza. Esta característica se debe determinar midiendo al coeficiente de intensidad luminosa antes y después de lavar el lente de la tacha.
- La base de la tacha debe estar significativamente libre de grasa, esmaltes y sustancias que puedan reducir su capacidad adhesiva.
- La base de la tacha debe ser plana en un espacio de uno coma tres milímetros (1,3 mm). Si la base de la tacha está configurada, las superficies sobresalientes de las configuraciones no se deben desviar más de uno coma tres milímetros (1,3 mm) respecto de un plano.

Se puede aceptar otro tipo de construcción, siempre y cuando llene los requisitos de desempeño de esta especificación.

701.2.1.3 Retrorreflectividad

El coeficiente de intensidad luminosa, medido de conformidad con el numeral 6.2.1 de la NTC 4745, no debe ser menor a los valores establecidos en la Tabla 701 – 2.

Tabla 701 – 2. Coeficiente de intensidad luminosa (R_I)

Entrada ángulo (β_2)	Ángulo observación (α)	Valor mínimo R_1 milicandela por lux (mcd/lx)				
		Blanco	Amarillo	Rojo	Verde	Azul
0°	0,2°	279	167	70	93	26
+20° / -20°	0,2°	112	67	28	37	10
Entrada ángulo (β_2)	**Ángulo observación (α)**	**Valor mínimo R_1 candelas por pie candela (cd/pie cd)**				
		Blanco	Amarillo	Rojo	Verde	Azul
0°	0,2°	3,0	1,8	0,75	1,0	0,28
+20° / -20°	0,2°	1,2	0,72	0,30	0,4	0,11

Nota: el ángulo de componente de entrada (β_1) y el ángulo de rotación (ε) son cero grados (0°).

701.2.1.4 Resistencia a la flexión

Cuando se ensayen de acuerdo con el numeral 9.2.1 de la NTC 4745, las tachas deben soportar una carga de novecientos nueve kilogramos (909 kg) sin romperse y sin sufrir deformación mayor a tres coma tres milímetros (3,3 mm).

701.2.1.5 Resistencia a la compresión

Cuando se ensayen de acuerdo con el numeral 9.2.2, de la NTC 4745, las tachas deben soportar una carga de dos mil setecientos veintisiete kilogramos (2 727 kg) sin romperse y sin sufrir deformación mayor a tres coma tres milímetros (3,3 mm).

701.2.1.6 Color

Cuando el retrorreflector es iluminado por una fuente estándar CIE y cuando se mide según se indica en el numeral 9.3 de la NTC 4745, el color de la luz retrorreflejada debe estar dentro de las gamas de color limitadas por las siguientes coordenadas de la Tabla 701 – 3 y son mostrados en la figura 1 de la NTC 4745, correspondiente a la gama de colores.

Tabla 701 – 3. Coordenadas de los puntos de esquinas

Color		Puntos					
		1	2	3	4	5	6
Blanco	X	0,310	0,453	0,500	0,500	0,440	0,310
	Y	0,348	0,440	0,440	0,380	0,380	0,283
Amarillo	X	0,545	0,559	0,609	0,597	-	-
	Y	0,424	0,439	0,390	0,390	-	-
Rojo	X	0,650	0,668	0,734	0,721	-	-
	Y	0 330	0 330	0 265	0 259	-	-
Azul	X	0,039	0,160	0,160	0,188	0,088	-
	Y	0,320	0,320	0,240	0,218	0,142	-
Verde	X	0,009	0,288	0,209	0,012	-	-
	Y	0,733	0,520	0,395	0,494	-	-

701.2.1.7 Resistencia del lente al agrietamiento

701.2.1.7.1 Resistencia del lente al impacto

Cuando se impacta según se indica el numeral 9.4.1 de la NTC 4745, la cara del lente no debe mostrar más de dos (2) grietas radiales con una longitud máxima de seis coma cuatro milímetros (6,4 mm). No debe haber grietas radiales que lleguen al borde de la superficie de resistencia a la abrasión. Adicionalmente, no se debe presentar ninguna separación de los componentes internos de la tacha.

701.2.1.7.2 Cambios cíclicos de temperatura

Cuando las tachas se sometan a cambios cíclicos de temperatura, de acuerdo con el numeral 9.4.2 de la NTC 4745, no se debe producir ninguna grieta ni separación de los componentes internos de la tacha.

701.2.1.7.3 Abrasión

Se debe realizar, adicionalmente, el ensayo de resistencia a la abrasión, de acuerdo con el numeral 9.5 de la NTC 4745; después de este ensayo, se debe medir nuevamente el coeficiente de intensidad luminosa, el cual debe mantenerse dentro de los valores establecidos en la Tabla 701 – 2. La falla de más de un elemento debe ser causa para rechazar el lote completo.

701.2.1.8 Muestreo

Para tachas que no son resistentes a la abrasión, el tamaño de muestra debe ser de veinte (20) tachas por cada lote de diez mil unidades (10 000 u) o menos, y cuarenta (40) tachas para lotes mayores de diez mil unidades (10 000 u). Para tachas con una superficie resistente a la abrasión, son necesarias diez unidades (10 u) adicionales. El tamaño del lote no debe exceder de veinticinco mil unidades (25 000 u).

701.2.1.9 Empaque

Las tachas se deben distribuir en empaques adecuados para garantizar su protección y asegurar una entrega en perfectas condiciones.

Los empaques para despacho, deben marcarse con el nombre y la dirección del fabricante, el tipo, el color, la cantidad contenida y el número de identificación del lote.

701.2.2 Adhesivo

El material destinado a adherir la tacha con el pavimento debe presentar unas características generales garantizadas por el fabricante, teniendo en cuenta el tipo y el estado del pavimento; además, el fabricante debe indicar la dosificación con la cual ha de aplicarse el producto. Se puede emplear material bituminoso y termoplástico o pegante epóxico de dos (2) o más componentes.

El adhesivo debe asegurar un tiempo de secado que no sobrepase veinticinco minutos (25 min) y que las tachas no sufran desplazamientos o movimientos al ser golpeadas por los vehículos después de transcurridas doce horas (12 h) desde su colocación.

El adhesivo no se puede emplear sin el visto bueno del interventor.

Para la instalación de las tachas sobre el pavimento, el adhesivo a aplicar debe cumplir con lo definido en la NTC 4745.

701.3 Equipo

Se debe disponer del equipo necesario para preparar la superficie del pavimento, para el transporte y colocación de las tachas, así como para la limpieza de la superficie luego de terminados los trabajos y para la recolección y retiro de los desperdicios.

701.4 Ejecución de los trabajos

701.4.1 Localización

El constructor debe localizar las marcas sobre el pavimento de acuerdo con los planos de señalización, el Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de Transporte y las instrucciones del interventor.

La distancia de colocación de las tachas debe determinarse en función de la velocidad de operación del tramo de la vía; no debe generar

contaminación visual o incomodidad al usuario que observa una o más tachas por cada segundo de recorrido.

El espaciamiento entre las tachas de cualquier vía es función del patrón utilizado para la línea central segmentada en la vía y, según la vía, este patrón puede variar entre doce, ocho y tres metros (12 m, 8 m y 3 m), dependiendo de la velocidad, en observancia del Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de Transporte.

En tramos con velocidad superior a sesenta kilómetros por hora (60 km/h), las tachas se deben instalar máximo cada veinticuatro metros (24 m) y, en tramos con velocidad menor o igual a sesenta kilómetros por hora (60 km/h), las tachas se deben instalar máximo cada dieciséis metros (16 m).

En ciclovías, las tachas se deben instalar máximo cada seis metros (6 m).

En curvas, dependiendo del radio de ellas, tanto en el eje como lateralmente, las tachas se deben ubicar como se indica en la Tabla 701 – 4.

En vías bidireccionales y una sola calzada de circulación, deben emplearse tachas con doble cara retrorreflectiva, de color amarillo y blanco, tanto en líneas centrales como laterales.

Tabla 701 – 4. Distancia máxima entre tachas ubicadas en curvas

Radio de la curva (m)	Distancia máxima entre tachas (m)
Menos de 20	6
Entre 20 y 49	8
Entre 50 y 99	12
Entre 100 y 199	18
Mayor a 200	24

Sobre “permitidos” o “prohibidos de adelantamiento”, la instalación de las tachas en el eje debe localizarse en el centro del espacio sin pintura. En tramos con líneas de demarcación intermitentes, no se deben instalar tachas al inicio o al final de cada segmento sino en el tramo del centro sin pintar. Al repintar, se debe tener cuidado de no pintar las mismas.

En vías multicarriles, o calzadas con una sola dirección, se deben emplear tachas unidireccionales blancas o bidireccionales blanca-roja; en el último caso, el color blanco guía a los conductores que circulan correctamente. Nunca se debe emplear un conjunto de tachas como reductores de velocidad; en agujas (obstáculos), la distancia máxima entre tachas debe ser de dos metros (2 m) o la que se indique en los documentos del proyecto.

Si durante el planeamiento previo a la instalación se determina que, como resultado del espaciamiento típico de tachas, una tacha debe ser puesta en un sitio con defectos de superficie de pavimento, en una junta de construcción del pavimento o dentro de la intersección con una entrada domiciliaria o calle pública, el sitio propuesto se debe relocalizar longitudinalmente a suficiente distancia, en un punto aprobado por el interventor.

La distancia de relocalización de la tacha afectada no puede exceder el diez por ciento (10 %) del espaciamiento típico.

Donde fuere necesario relocalizar la tacha a una distancia mayor del diez por ciento (10 %) de espaciamiento típico, la tacha afectada se debe suprimir. La cara reflectora de la tacha debe estar perpendicular a una línea paralela a la línea central de la vía.

701.4.2 Preparación de la superficie

Antes de proceder a la aplicación de las tachas, si la superficie presenta defectos o huecos notables, se deben corregir los primeros y rellenar los segundos con materiales de la misma naturaleza de la superficie.

Los sitios elegidos para la colocación de las tachas se deben limpiar de polvo, barro, grasa, suciedad y cualquier otro elemento extraño, cuya presencia atente contra la correcta adhesión de la tacha al pavimento. Para ello, se puede emplear cualquier procedimiento aprobado por el interventor y que sea ambientalmente permitido.

Cuando las tachas se instalen sobre un pavimento de concreto hidráulico, se deben eliminar de la zona de fijación todos aquellos materiales utilizados en el proceso de curado del concreto que aún se encuentran sobre la superficie.

701.4.3 Colocación de las tachas

Las tachas se deben colocar en los sitios previamente localizados, fijándolas con el adhesivo indicado en el numeral 701.2.2. Este se debe preparar de acuerdo con las instrucciones del fabricante y su cantidad a utilizar depende del estado de la superficie del pavimento.

Si se emplea un adhesivo epóxico, se recomienda no preparar más cantidad de adhesivo de la que se pueda utilizar en diez minutos (10 min).

El adhesivo se debe aplicar con una espátula a la base de la tacha o a la superficie del pavimento, en una cantidad tal que cubra toda la superficie de contacto sin presentar vacíos, más un leve exceso.

Las tachas se deben colocar tan pronto como sea posible, con un procedimiento que asegure que, respecto del eje de la vía, no sufra desviaciones mayores a dos milímetros (2 mm), medidos en los extremos. Una vez instalada la tacha, se debe presionar hasta que el pegamento salga por los bordes. Todo exceso de adhesivo se debe limpiar y retirar inmediatamente. No se debe aceptar, por ningún motivo, que alguna traza de pegamento quede sobre la cara reflectante de la tacha.

701.4.4 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.

Las tachas deben ser protegidas del tránsito o de cualquier golpe por el tiempo mínimo indicado por el fabricante de acuerdo con el tipo de material utilizado como adhesivo. Además, durante el período que dure el proceso de endurecimiento del pegamento, se deben tomar todas las precauciones necesarias para evitar que el tránsito pase sobre las tachas. Para esto, el constructor debe colocar elementos de señalización como conos o barreras para asegurar el procedimiento.

701.4.5 Limpieza final

Una vez colocadas las tachas, el constructor debe retirar del sitio de los trabajos todos los equipos, señales y materiales sobrantes, disponiéndolos en lugares aprobados por el interventor.

701.4.6 Limitaciones en la instalación

No se debe permitir la colocación de tachas en las siguientes condiciones:

- Si existe lluvia o humedad sobre el pavimento.
- Cuando la temperatura del pavimento o la del aire esté a:
  - Cero grados Celsius (0 °C) o menos, en caso de utilizar adhesivo epóxico de fijación rápida.
  - Diez grados Celsius (10 °C) o menos, cuando se utilice epóxico de fijación normal.
  - Cuatro coma cuatro grados Celsius (4,4 °C) o menos y máximo doce grados Celsius (12 °C), cuando se utilice ligante - asfáltico.
  - O menos de nueve grados Celsius (9 °C), cuando se utilice termoplástico alquídico.
- Si la humedad relativa del aire es mayor del ochenta por ciento (80 %).
- Cuando la superficie del pavimento no esté suficientemente seca.

En pavimentos nuevos con carpeta de concreto asfáltico, las tachas se pueden colocar después de que la superficie se haya abierto al tránsito por un periodo no menor de catorce días (14 d) continuos.

Tampoco se debe permitir la colocación de tachas sobre áreas de pavimento agrietadas, juntas longitudinales, transversales, fisuras, con desplazamientos o donde existan fallas del material de la base subyacente o sobre marcas viales existentes.

Además, se deben atender todas las limitaciones adicionales que establezcan los fabricantes del adhesivo y de las tachas.

701.4.7 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para la instalación de tachas reflectivas, se deben realizar teniendo en cuenta lo definido 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 deben incluirse en los costos del proyecto; por tanto, no son objeto de reconocimiento directo en el contrato.

701.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

701.5.1 Controles

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

- Verificar el estado y funcionamiento del equipo utilizado por el constructor.
- Comprobar que todos los materiales cumplan los requisitos indicados en el numeral 701.2.
- Vigilar que las tachas no se coloquen con anterioridad a la aplicación de las líneas de demarcación.
- Revisar que las tachas queden correctamente colocadas y contarlas para efectos de pago.

El interventor debe medir, para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado de acuerdo con los planos, esta especificación y las instrucciones del interventor.

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 Superintendencia 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 4745 vigente.

Las tachas seleccionadas para muestreo deben evaluarse bajo los ensayos determinados en la NTC 4745. Para la recepción, se debe implementar el ensayo ASTM E1696 para la medición del coeficiente de intensidad luminosa antes de la exposición a abrasión o instalación. Los equipos retrorreflectómetros, deben tener placa calibradora vigente y debe ser generada por un laboratorio acreditado o avalado independiente.

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.

701.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

701.5.2.1 Calidad de los materiales

No se deben admitir materiales que incumplan las exigencias del numeral 701.2.

701.5.2.2 Instalación de las tachas

El interventor únicamente debe aceptar el trabajo si las tachas han sido colocadas de acuerdo con los planos, la presente especificación, sus instrucciones y si se encuentran totalmente adheridas a la superficie del pavimento a los treinta días (30 d) de su colocación.

Todas las deficiencias que presenten los trabajos deben corregirse por el constructor bajo su propia cuenta y riesgo, y aprobadas por el interventor.

701.6 Medida

Las tachas reflectivas se deben medir por unidad (u) instalada de acuerdo con los documentos del proyecto y la presente especificación, debidamente aceptadas por el interventor.

701.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al respectivo precio unitario del contrato por toda tacha reflectiva colocada, con base en esta especificación y aprobado por el interventor. El precio unitario debe comprender todos los costos inherentes al suministro de materiales y equipos; localización y preparación de los sitios de colocación de las tachas; transportes, almacenamiento y colocación del adhesivo y las tachas; señalización temporal y ordenamiento del tránsito; limpieza, remoción, transporte y disposición de desperdicios y, en general, todo costo adicional requerido para la correcta ejecución del trabajo especificado.

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

701.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
701.1	Tacha reflectiva (A, B o E)	Unidad (u)

Nota: se debe elaborar un ítem para cada tipo de tacha reflectiva incluido en el contrato.

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.

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)

ESPECIFICACION PARTICULAR ITEM 1.1

LOCALIZACIÓN, TRAZADO Y REPLANTEO CON EQUIPOS DE PRECISIÓN. INCLUYE VEHÍCULO PARA EL TRANSPORTE DE PERSONAL Y EQUIPO CON DEDICACIÓN EXCLUSIVA.

DESCRIPCIÓN:

Se refiere a la localización (planimétrica y altimétrica), trazado y replanteo con equipo topográfico de precisión y con sus respectivas referencias y puntos de control, de toda la zona que será intervenida por el proyecto. Esta localización servirá de soporte para la ejecución de todas las Obras. Esta Actividad se deberá realizar con anterioridad a la iniciación de demoliciones y Excavaciones.

ALCANCE:

La actividad consiste en la localización, trazado y replanteo con equipos de precisión. incluye vehículo para el transporte de personal y equipo con dedicación exclusiva.

FORMA DE PAGO:

El costo de la actividad incluye los costos de mano de obra, equipos, transporte, materiales y en general todos los valores inherentes para la ejecución de la actividad. El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato por toda obra ejecutada, de acuerdo con los planos y especificación, aceptada a satisfacción por el Interventor. El precio incluye todos los costos necesarios para efectuar la localización, trazado y replanteo con equipos de precisión. incluye vehículo para el transporte de personal y equipo con dedicación exclusiva.

MEDIDA:

La unidad de medida será el día (día), de localización, trazado y replanteo de toda la zona intervenida por las Obras, que haya sido debidamente realizada y aprobada por la Interventoría.

ITEM DE PAGO:

1.1 Localización, trazado y replanteo con equipos de precisión. incluye vehículo para el transporte de personal y equipo con dedicación exclusiva. (día)

ESPECIFICACION PARTICULAR ITEM 8.12.1

SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE GEODREN PLANAR H=2.0 M

GENERALIDADES:

Este trabajo consiste en la construcción de sistemas de subdrenaje, con geodrén planar, en los sitios señalados en los planos del proyecto o indicados por el Interventor, no incluye las excavaciones necesarias.

1. MATERIALES

El Geodrén Planar es un sistema conformado por Geotextiles No Tejidos de PP punzonados por agujas y Geored de HDPE. El Geotextil cumple la función de filtración, reteniendo las partículas de suelo y permitiendo el paso del agua. La Geored, por su parte, es el medio drenante encargado de transportar el agua que pasa a través del filtro.

- Geotextil NT 2500

GEOTEXTIL NO TEGIDO DE FILTRO			
PROPIEDAD	NORMA	UNIDAD	VALOR
Tamaño de apertura aparente	ASTM D4751	mm (N°. Tamiz)	0.180 (80)
Permiividad	ASTM D4491	s1	2.9
Permeabilidad	ASTM D4491	cm/s	44x102
Tasa de flujo	ASTM D4491	L/min/m2	

- Geodren Planar

El Geodrén debe ser laminado con calor en ambas caras para facilitar el flujo hidráulico a través de su plano y aumentar el factor de seguridad contra la colmatación.

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO	VALOR MINIMO (VMPR)
Resistencia a la delaminación	ASTM D 413	1.3 Lbf/pulg

TUBERÍA CIRCULAR PERFORADA PARA DRENAJE

La tubería es la encargada de conducir el fluido captado al exterior. La tubería deberá estar fabricada a partir de policloruro de vinilo y deberá estar perforada para drenaje con diámetro circular de 100 mm, dependiendo del caudal de diseño de cada sitio en particular. Las propiedades hidráulicas de las tuberías son:

PROPIEDAD	VALOR	
	Diámetro 65 mm	Diámetro 100 mm
Area de drenaje	30 cm2/m	30 cm2/m
Caudal para 1% de pendiente	1000 cm3/s	3700 cm3/s

Las tuberías deberán tener el sistema completo de accesorios (uniones, salidas lateras, salidas frontales, tapones) que garanticen la continuidad del flujo y la adecuada disposición a la atmosfera.

2. EQUIPO

Se deberá disponer de los equipos necesarios para colocar el geodrén y para excavar, cargar, transportar, colocar y compactar el material de relleno de la zanja. También para colocar y compactar el suelo que cubrirá el sistema de subdrenaje.

3. EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

El Interventor exigirá al Constructor que los trabajos se efectúen con una adecuada coordinación entre las actividades de apertura de la zanja y de la colocación del geodrén, de manera que aquella quede expuesta el menor tiempo posible y que las molestias a los usuarios sean mínimas. Será responsabilidad del Constructor la colocación de elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, la cual deberá ser visible durante las veinticuatro (24) horas del día. El diseño de la señalización requerirá la aprobación del Interventor.

- Preparación del terreno

Se abrirá una trinchera en los sitios indicados en los planos de diseño. Esta trinchera tendrá un ancho mínimo de 25 cm. La profundidad y la pendiente se indicarán en los planos de diseño.

- Colocación del Geodrén

Antes de colocar el sistema se alistará la trinchera de tal manera que se encuentre lo mejor perfilada posible, con la pendiente y profundidad indicadas en los planos de diseño, para su correcto funcionamiento. Las uniones del sistema deberán ensamblarse por fuera de la trinchera. Se instalará el geodrén con tubería en contrapendiente para asegurar, en tiempo de invierno, la fácil evacuación del agua a los sitios finales de disposición indicados en los planos. El geodrén se colocará en contacto directo con las capas granulares de la estructura de pavimento. El geodrén se anclará al terreno natural de tal forma que no se vaya a deslizar, conservando todos los parámetros de diseño. Para su anclaje se utilizarán ganchos metálicos. No se permitirá que el geodrén quede expuesto, sin cubrir, por un lapso mayor de mayor a tres (3) días.

- Colocación del material de relleno

Se utilizará como material de lleno de la zanja grava, arena gruesa, ó material tipo sub base granular. El relleno se llevará a cabo hasta la altura indicada en los planos o la autorizada por el interventor.

- Cobertura del sistema de subdrenaje

Completado el relleno, la zanja se cubrirá con el suelo proveniente de la excavación, colocado y compactado en capas sucesivas, hasta la altura requerida en los planos o la ordenada por el Interventor.

4. Condiciones para el recibo de los trabajos

Durante la ejecución de los trabajos, el interventor adelantará los siguientes controles:

• Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo empleado por el Constructor.

• Comprobar que el GEODRÉN (Geotextil, Geo-red, tubería circular perforada) cumpla con las especificaciones descritas.

• Verificar que el material de relleno cumpla con las características establecidas en esta especificación.

• Verificar que todo trabajo se realice de acuerdo con la especificación y los planos de diseño.

• Supervisar la correcta disposición de los materiales en los sitios definidos para este fin.

• Comprobar que los materiales a utilizar cumplan con los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.

- Calidad del geodrén

Cada despacho de geodrén deberá venir acompañado de una certificación del laboratorio del fabricante para el geotextil, la geo-red, el Geodrén planar y la tubería, que garantice que el producto satisface las exigencias de calidad indicadas en los documentos del proyecto y en esta especificación. El Interventor, con la frecuencia que considere necesaria, efectuará las pruebas especificadas y rechazará el geodrén si éste incumple una ó más de las exigencias de las pruebas. El productor deberá ofrecer a la interventoría el servicio de comprobación, por ensayos de laboratorio, de las propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas sin ningún costo. En el momento de realizar los ensayos se deberá contar con la presencia de la interventoría, del contratista y de la entidad contratante.

- Calidad del producto terminado

El Interventor aceptará todo filtro construido en zanjas donde las dimensiones, los alineamientos y las pendientes se ajusten a los requerimientos del proyecto y cuyos materiales y procedimientos de ejecución se ajusten a lo prescrito en esta especificación.

Para la reparación del sistema se deberá colocar un parche de geotextil alrededor de la zona afectada, con costura realizada manualmente. Esto deberá hacerse antes de la colocación del geodrén dentro de la trinchera.

Sólo se permitirá la descarga de material de relleno en la trinchera, con previa autorización del interventor.

5. MEDIDA

La unidad de medida del Geodrén planar será en metro lineal (m), de acuerdo con los planos de diseño y a esta especificación, a satisfacción del interventor.

6. FORMA DE PAGO

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato por toda obra ejecutada, de

acuerdo con los planos y esta especificación, y aceptada a satisfacción por el Interventor.

7. ITEM DE PAGO

8.12.1 Suministro, transporte e instalación de Geodren planar H=2.0 m

ESPECIFICACIÓN PARTICULAR ITEM 15.2

SUMINISTRO, TRANSPORTE Y SIEMBRA DE ÁRBOL H > 80 CM. INCLUYE INSUMOS, MANO DE OBRA, EXCAVACIÓN, ABONO, HERRAMIENTAS, TRANSPORTE Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA SIEMBRA.

DESCRIPCIÓN:

Este trabajo consiste el suministro, transporte y siembra de árboles de acuerdo con lo indicado en los documentos del proyecto o lo determinado por el Interventor. El trabajo incluye la conservación de los árboles plantados, hasta el recibo definitivo de los trabajos.

MATERIALES:

Suelo para lleno, fertilizantes, abonos, insecticidas, Materia orgánica, arena y tierra, Hidroretenedor, Cal agrícola, Insecticidas y fungicidas, Árbol, entre otros según especificaciones.

EQUIPO:

Herramienta menor, volqueta, camioneta, entre otros según especificaciones.

EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS Y CONTROL DE CALIDAD:

El Constructor deberá disponer de los equipos y herramientas necesarios para asegurar que los trabajos de siembra de árboles tengan la calidad y la seguridad requeridas y se garantice el cumplimiento de su programa de ejecución. Durante el traslado, el árbol se deberá sujetar adecuadamente para evitar su deterioro. Para poder iniciar la izada y traslado del árbol, se deberá tener lista la excavación en el sitio donde será plantado.

La excavación para la plantación del árbol deberá tener el tamaño adecuado para alojar el bloque de raíces y tierra. El perímetro del bloque se deberá rellenar con tierra preparada con abono orgánico, la cual se compactará levemente. El árbol plantado deberá quedar estable y en posición vertical. Si es necesario se deberán colocar estacas y elementos de sujeción temporal para corregir y mantener la posición adecuada del árbol.

El Interventor aceptará los trabajos luego de verificar que se ha realizado la actividad correctamente de acuerdo con lo que se establece en las especificaciones, que el área de trabajo ha quedado completamente limpia y que los materiales de desecho han sido transportados y depositados en los lugares autorizados.

MEDIDA:

La unidad de medida será por unidad de árbol plantado a satisfacción por la interventoría de acuerdo con la sección transversal, cotas y alineamientos indicados en los planos o determinados por el Interventor.

FORMA DE PAGO:

El precio unitario fijado cubrirá todos los gastos efectuados para la ejecución material del trabajo de acuerdo con lo especificado. El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato por toda obra ejecutada, de acuerdo con los planos y esta especificación, y aceptada a satisfacción por el Interventor.

ITEM DE PAGO:

15.2 Suministro, transporte y siembra de árbol h > 80 cm. Incluye insumos, mano de obra, excavación, abono, herramientas, transporte y todo lo necesario para la correcta siembra. (Und)

ESPECIFICACION PARTICULAR ITEM 15.12

15.12 Tala, cargue y retiro de árboles, bajo cualquier condición, altura entre 5.0 a 10.0 m (5< h <= 10) y DAP mayor de 10 cm. Incluye trozado, retiro de raíces completo, cargue, transporte y disposición del material resultante.

DESCRIPCIÓN:

Este trabajo consiste en la tala de los árboles que se van a afectar por el proyecto, en algunas coronas de taludes o aquellos que se encuentran a lo largo de la vía o que están obstaculizando la visibilidad, según el diseño geométrico de la vía y la determinación de la interventoría de acuerdo con otras necesidades del proyecto

EQUIPO:

Para llevar a cabo la tala de los mayores de 0,10 metros de diámetro se requiere motosierra, herramienta menor y retro, para los menores de 0,10 metros solo herramienta menor.

EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS Y CONTROL DE CALIDAD:

Actividad de tala: Se realiza por afectación directa de la obra, grado de inclinación del árbol o por mal estado fitosanitario. Se realizará técnicamente siguiendo normas de seguridad industrial y con personal especializado. La actividad se iniciará con el descope del árbol, corte del fuste por la base o en las secciones que resulten necesarias y desenraizado. En el proceso se utilizarán manilas con el fin de amarrar y orientar la caída del árbol hacia áreas con menores riesgos de daños a la infraestructura aledaña o a terceras personas. El área debe estar demarcada, aislada y despejada. La vegetación arbórea y/o arbustiva, se deberá cortar de manera técnica y los residuos vegetales generados, serán retirados y trasladados a una zona de depósito autorizada.

Actividades de bloqueo y trasplante: Durante la ejecución de actividades se procederá a realizar cada una de las siguientes labores:

- Poda de la copa: En esta fase se realiza poda técnica de las copas de los árboles a remover (sin rasgar la corteza y haciendo cortes en sesgo aplicando cicatrizante), la poda se debe calcular de acuerdo con el tamaño del bloque, esto con el fin de garantizar la maniobrabilidad del individuo. Cortar como máximo un tercio superior de la copa. Se debe hacer un corte inicial en una rama vertical central, a la altura que se quiera dejar el follaje y cortar el follaje revisando que la nueva copa del árbol no se deforme. Es posible que convenga hacer entresaca de ramas. Esta operación debe realizarse con cuidado de no maltratar el follaje que permanecerá. Adicionalmente se deben tratar los cortes con cicatrizante hormonales.

- Bloqueo: Se realizará una excavación en forma de cono invertido. El tamaño dependerá de la altura del individuo a remover, pero en ningún caso el radio mayor del bloque será inferior a 3 veces el diámetro del árbol en la base. Posteriormente, se procede a cortar las raíces con equipo adecuado.

- Poda de ramas: Para la poda de ramas de los árboles se deberá tener en cuenta: El primer corte se hace por debajo de la rama a una distancia de 10 cm. del fuste principal y en ángulo igual al creado por el cuello de la rama. Se hace un segundo corte por encima de la rama a unos 20 cm. del fuste, con lo cual la rama se desprende. Se remueve la mayor parte de la rama principal dejando un tocón de aproximadamente 10 cm. El último corte para la terminación del tocón debe hacerse desde arriba. Los tocones dejados por la poda son diferentes para las ramas muertas y vivas. Se debe tener especial cuidado de no cortar la parte viva cuando se poda una rama muerta y de no cortar el cuello de la rama cuando se trata de una rama viva. Las ramas pequeñas y los rebrotes (1 cm. o menos de diámetro basal), siempre se cortan desde el fuste principal con tijeras de podar a mano.

- Poda de raíces: Consiste en el corte de las raíces principales y secundarias de los árboles y arbustos adultos que se encuentren en conflicto con redes de infraestructura u obras civiles (calles andenes, edificaciones, torres de energía, tuberías de conducción, etc.) y en ocasiones, con el fin de controlar el tamaño final del árbol. Cuando sea posible conservar un árbol mediante confinamiento radicular, se llevará a cabo el siguiente procedimiento: Poda aérea de la tercera parte exterior de la copa, para evitar la deshidratación y muerte del árbol. Limpieza alrededor del árbol en un radio igual o mayor a 3 veces el diámetro del fuste. Excavación de 70 cm. de ancho por una profundidad hasta donde se encuentren raíces de 1,25 cm. de diámetro. Corte vertical, de profundidad variada de acuerdo con el tipo del sistema radicular que presente cada especie y según la forma del terreno. La poda se debe realizar con tijeras, serrucho o motosierra, nunca con machete. Se debe aplicar cicatrizante hormonal en los cortes de la poda para evitar desintegración o pudrición de las raíces y desequilibrio entre los sistemas aéreo y radicular.

CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS:

Durante la ejecución de los trabajos, el interventor verificará el estado y funcionamiento del equipo empleado por el constructor para la ejecución de los trabajos y verificará que el trabajo se ejecute de acuerdo con los planos y las exigencias de la presente especificación.

MEDIDA:

La unidad de medida de la tala de los árboles será la unidad, o sea el árbol talado con diámetro menor a 0.10 m. y mayor o igual a 0.10 m.

FORMA DE PAGO:

El pago de la tala de árboles se hará a los respectivos precios unitarios del contrato, por Unidad de árbol ejecutado de acuerdo con esta especificación y aceptado por el interventor

ITEM DE PAGO:

15.12 Tala, cargue y retiro de árboles, bajo cualquier condición, altura entre 5.0 a 10.0 m (5< h <= 10) y DAP mayor de 10 cm. Incluye trozado, retiro de raíces completo, cargue, transporte y disposición del material resultante. (Und)

ESPECIFICACION PARTICULAR ITEM 15.13

15.13 Tala, cargue y retiro de árboles, bajo cualquier condición, altura entre 10.0 a 15.0 m (10< h <= 15) y DAP mayor de 10 cm. Incluye trozado, retiro de raíces completo, cargue, transporte y disposición del material resultante.

DESCRIPCIÓN:

Este trabajo consiste en la tala de los árboles que se van a afectar por el proyecto, en algunas coronas de taludes o aquellos que se encuentran a lo largo de la vía o que están obstaculizando la visibilidad, según el diseño geométrico de la vía y la determinación de la interventoría de acuerdo con otras necesidades del proyecto

EQUIPO:

Para llevar a cabo la tala de los mayores de 0,10 metros de diámetro se requiere motosierra, herramienta menor y retro, para los menores de 0,10 metros solo herramienta menor.

EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS Y CONTROL DE CALIDAD:

Actividad de tala: Se realiza por afectación directa de la obra, grado de inclinación del árbol o por mal estado fitosanitario. Se realizará técnicamente siguiendo normas de seguridad industrial y con personal especializado. La actividad se iniciará con el descope del árbol, corte del fuste por la base o en las secciones que resulten necesarias y desenraizado. En el proceso se utilizarán manilas con el fin de amarrar y orientar la caída del árbol hacia áreas con menores riesgos de daños a la infraestructura aledaña o a terceras personas. El área debe estar demarcada, aislada y despejada. La vegetación arbórea y/o arbustiva, se deberá cortar de manera técnica y los residuos vegetales generados, serán retirados y trasladados a una zona de depósito autorizada.

Actividades de bloqueo y trasplante: Durante la ejecución de actividades se procederá a realizar cada una de las siguientes labores:

- Poda de la copa: En esta fase se realiza poda técnica de las copas de los árboles a remover (sin rasgar la corteza y haciendo cortes en sesgo aplicando cicatrizante), la poda se debe calcular de acuerdo con el tamaño del bloque, esto con el fin de garantizar la maniobrabilidad del individuo. Cortar como máximo un tercio superior de la copa. Se debe hacer un corte inicial en una rama vertical central, a la altura que se quiera dejar el follaje y cortar el follaje revisando que la nueva copa del árbol no se deforme. Es posible que convenga hacer entresaca de ramas. Esta operación

debe realizarse con cuidado de no maltratar el follaje que permanecerá. Adicionalmente se deben tratar los cortes con cicatrizante hormonales.

- Bloqueo: Se realizará una excavación en forma de cono invertido. El tamaño dependerá de la altura del individuo a remover, pero en ningún caso el radio mayor del bloque será inferior a 3 veces el diámetro del árbol en la base. Posteriormente, se procede a cortar las raíces con equipo adecuado.

- Poda de ramas: Para la poda de ramas de los árboles se deberá tener en cuenta: El primer corte se hace por debajo de la rama a una distancia de 10 cm. del fuste principal y en ángulo igual al creado por el cuello de la rama. Se hace un segundo corte por encima de la rama a unos 20 cm. del fuste, con lo cual la rama se desprende. Se remueve la mayor parte de la rama principal dejando un tocón de aproximadamente 10 cm. El último corte para la terminación del tocón debe hacerse desde arriba. Los tocones dejados por la poda son diferentes para las ramas muertas y vivas. Se debe tener especial cuidado de no cortar la parte viva cuando se poda una rama muerta y de no cortar el cuello de la rama cuando se trata de una rama viva. Las ramas pequeñas y los rebrotes (1 cm. o menos de diámetro basal), siempre se cortan desde el fuste principal con tijeras de podar a mano.

- Poda de raíces: Consiste en el corte de las raíces principales y secundarias de los árboles y arbustos adultos que se encuentren en conflicto con redes de infraestructura u obras civiles (calles andenes, edificaciones, torres de energía, tuberías de conducción, etc.) y en ocasiones, con el fin de controlar el tamaño final del árbol. Cuando sea posible conservar un árbol mediante confinamiento radicular, se llevará a cabo el siguiente procedimiento: Poda aérea de la tercera parte exterior de la copa, para evitar la deshidratación y muerte del árbol. Limpieza alrededor del árbol en un radio igual o mayor a 3 veces el diámetro del fuste. Excavación de 70 cm. de ancho por una profundidad hasta donde se encuentren raíces de 1,25 cm. de diámetro. Corte vertical, de profundidad variada de acuerdo con el tipo del sistema radicular que presente cada especie y según la forma del terreno. La poda se debe realizar con tijeras, serrucho o motosierra, nunca con machete. Se debe aplicar cicatrizante hormonal en los cortes de la poda para evitar desintegración o pudrición de las raíces y desequilibrio entre los sistemas aéreo y radicular.

CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS:

Durante la ejecución de los trabajos, el interventor verificará el estado y funcionamiento del equipo empleado por el constructor para la ejecución de los trabajos y verificará que el trabajo se ejecute de acuerdo con los planos y las exigencias de la presente especificación.

MEDIDA:

La unidad de medida de la tala de los árboles será la unidad, o sea el árbol talado con diámetro menor a 0.10 m. y mayor o igual a 0.10 m.

FORMA DE PAGO:

El pago de la tala de árboles se hará a los respectivos precios unitarios del contrato, por Unidad de árbol ejecutado de acuerdo con esta especificación y aceptado por el interventor

ITEM DE PAGO:

15.13 Tala, cargue y retiro de árboles, bajo cualquier condición, altura entre 10.0 a 15.0 m (10< h <= 15) y DAP mayor de 10 cm. Incluye trozado, retiro de raíces completo, cargue, transporte y disposición del material resultante. (Und)

ESPECIFICACION PARTICULAR ITEM 15.14

15.14 Tala, cargue y retiro de árboles, bajo cualquier condición, altura entre 15.0m a 20.0m (15 < h <= 20) y dap mayor de 10cm. incluye trozado, retiro de raíces completo, transporte y disposición del material resultante. Descripción del trabajo

Este trabajo consiste en las actividades de tala, cargue, retiro completo de raíces (tocones), trozado, aprovechamiento forestal, transporte y disposición final de los desechos vegetal producto del apeo de árboles con un diámetro a la altura del pecho (DAP) superior a 10cm y una altura total mayor a 10 metros y menor o igual a 15 metros de altura. Previo a la actividad de tala el Constructor realizará trabajo de oficina de verificación de toda la información relacionada con árbol a talar, enviará y solicitará a interventoría la autorización de tala con los respectivos hallazgos en la información existente.

Paso seguido se realizará un recorrido de campo conjunta (si aplica) para la verificación in situ de la información, la existencia o no de infraestructura (redes eléctricas, cercos, etc.), fauna silvestre y plantas vedadas (epifitas) relacionadas con el individuo arbóreo a talar.

Dentro de las actividades de remoción de cobertura vegetal arbórea se contemplan las actividades de apeo, desrame, trozado, aprovechamiento, extracción de raíces, acopio, cargue, transporte, disposición final material vegetal resultante de la tala y el registro de las actividades.

El trabajo incluye la evaluación cuantitativa y cualitativa del individuo arbóreo a talar.

GLOSARIO

Epifita: Plantas que crecen sobre otras plantas sin ser parasito ni causarle daño al hospedero, ni estar arraigadas al suelo como es el caso de las plantas trepadoras. Las epifitas captan la mayoría de los nutrientes y agua desde la atmosfera.

Epifita Vascular: Corresponde al grupo de plantas epifitas con flor vascularizadas con tejidos especializados para el transporte de agua y nutrientes (Xilema y Floema). En este grupo se encuentran las orquídeas, bromelias, algunos helechos y algunos representantes de otras familias como Araceae y Cactaceae.

Hospedero o forófito: Se considera hospedero a la planta o árbol que soporta en sus ramas a otros organismos, en este caso a las epifitas vasculares.

Apeo: Corte o tala de un árbol.

Tala: Tratamiento silvicultural en donde se elimina totalmente un individuo arbóreo.

Desramado: Eliminación o corte de la copa y de las ramas.

Circunferencia a la Altura del Pecho (CAP): Medición de la Circunferencia del Árbol a la altura del Pecho 1,3m del suelo.

Diámetro a la Altura del Pecho (DAP): Medida del diámetro de la circunferencia del tronco a la altura de 1,3 m del suelo.

Fustal: Árbol que se encuentra en la clase diamétrica superior a los 10 cm de DAP.

Latizal: Categoría de un árbol que va desde 5 a 10 cm de circunferencia en su tallo.

Brinzal: Categoría de una plántula que va desde 0 a 5cm de circunferencia en su tallo y tiene hasta un metro de altura.

Altura total: Es la altura del árbol que va desde el suelo hasta la cúspide de la yema terminal.

Altura comercial: Es la altura del árbol que va desde el suelo hasta la primera bifurcación del tronco.

Diámetro de copa: Se mide en 2 direcciones, la dirección Norte-Sur y la dirección Este-Oeste y tomando como referencia la proyección de los extremos de la misma sobre el suelo, midiéndose con cinta métrica la distancia entre ambos extremos.

Nombre Común: Es cualquier nombre por el cual una especie u otro concepto es conocido, y que no es el nombre científico.

Especie: Categoría o división establecida, teniendo en cuenta determinadas cualidades o características comunes.

Individuo arbóreo: Hace referencia a un solo árbol identificado.

Cicatrizante vegetal: Aquella sustancia elaborada en base a sustancias vegetales, que sirve para proteger y aislar heridas causadas por podas en cualquier lugar de la planta.

Volumen Comercial: Cantidad de madera de un árbol en m3, donde solo se tiene en cuenta la altura comercial.

Motosierra: Máquina manual motorizada utilizada para aserrío de madera y otras labores silviculturales.

Motosierrista: Operario con destreza para el manejo de la motosierra.

Pilado: Forma como es ordenada los fustes o trozas de madera.

Poda: Labor que consiste en cortar parte aérea o radicular de los árboles de porte alto.

Manejo Silvicultural: Se define como tratamientos silvícolas, cuyo objetivo es garantizar la conservación del medio ambiente y la naturaleza, como también al manejo de los árboles que requieran intervención para su crecimiento o aprovechamiento.

Rocería: Eliminación de rastrojos o de la vegetación arbustiva, utilizando medios mecánicos (guadañadora o machete).

Troza: Sección del fuste o de las ramas más gruesas de un árbol apeado una vez desramado y tronzado.

Trozado: Acción o proceso que consiste en cortar transversalmente en trozas el tronco o las ramas de un árbol apeado.

Frente de trabajo: Cuadrillas o grupo de personas designada para realizar una actividad.

Áreas de intervención: Lugar o espacio físico donde se construye el proyecto y se afecta directamente la cobertura vegetal, en este caso los árboles.

Área de exclusión: Es aquella área protegida, en la cual no se permite ninguna clase de intervención.

Árboles para conservación: Son aquellos individuos arbóreos que tienen como tratamiento silvicultural el conservarlos en pie y en buenas condiciones.

MATERIALES

Maquinaria: Es indispensable el uso de retroexcavadora para realizar la adecuada la extracción de raíces, acopiar grandes troncos y cantidades de desechos vegetales y realizar el cargue a volquetas.

Motosierras: Para realizar la tala del individuo arbóreo se requiere el uso de dos (2) motosierras las cuales realizarán el apeo del árbol, desrame, repicado de ramas, trozado, aprovechamiento forestal (obtención de listones, tablas, largueros, etc.) y si se requiere el corte de raíces.

EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

Las actividades que se deben realizar para llevar a cabo la tala, cargue y retiro de árboles, bajo cualquier condición, altura entre 10.0 m a 15.0m ($10 < h <= 15$) y DAP mayor de 10 cm. Incluye trozado, retiro de raíces completo, transporte y disposición del material resultante son las siguientes:

PLANIFICACIÓN: Es la etapa de verificación de la información existente acorde a los permisos de aprovechamiento otorgados y las necesidades de la obra, esta actividad consta de acciones en oficina y en campo.

Trabajo de oficina: Inicialmente, el Constructor realizará la consulta y verificación de la información forestal del individuo a talar, código ID, especie, DAP, Altura total y área de intervención identificada en el permiso de aprovechamiento forestal. Esta información se enviará a la interventoría para su verificación tanto en oficina como en campo y se solicitará la autorización para tala.

Trabajo en campo: Culminada la verificación de información de oficina por parte de la interventoría, y con la finalidad de dar agilidad al proceso se puede proceder a realizar un recorrido de campo conjunto (Constructor – Interventoría) para la verificación de esta información teniendo en cuenta las siguientes variables:

a) Revisión de las variables cualitativas Se verificará que el área a intervenir este ajustada a los diseños y los árboles autorizados por la autoridad ambiental y en caso de requerirse, la interventoría puede solicitar delimitación con cinta de peligro, así mismo se verifica que área a intervenir cuente con permiso de tala de árboles por parte de los propietarios del predio. Se inspecciona la correspondencia de datos del inventario forestal con lo encontrado en campo (especie con su nombre científico y común, infraestructura aledaña, código ID, riesgos de volcamiento, presencia de latizales o brinzales, marcación de individuos arbóreos que tienen restricciones para su aprovechamiento como especies catalogadas como veda regional, presencia de vedas (epifitas) o nidos y madrigueras en los cuales habita fauna silvestre.

b) Revisión de las variables cuantitativas. Las variables cuantitativas hacen referencia principalmente a la verificación de la georreferenciación del individuo arbóreo y de las variables alométricas como el diámetro, altura comercial y total, así mismo al diámetro de copa. Esta revisión se hace sobre el total de los individuos arbóreos que requieran ser talados y se anotan las diferentes discrepancias (individuos no censados, diámetros erróneos y alturas disconformes) y la interventoría le notifica al Constructor, de manera oficial, con el fin tomar las acciones correctivas antes de realizar la tala.

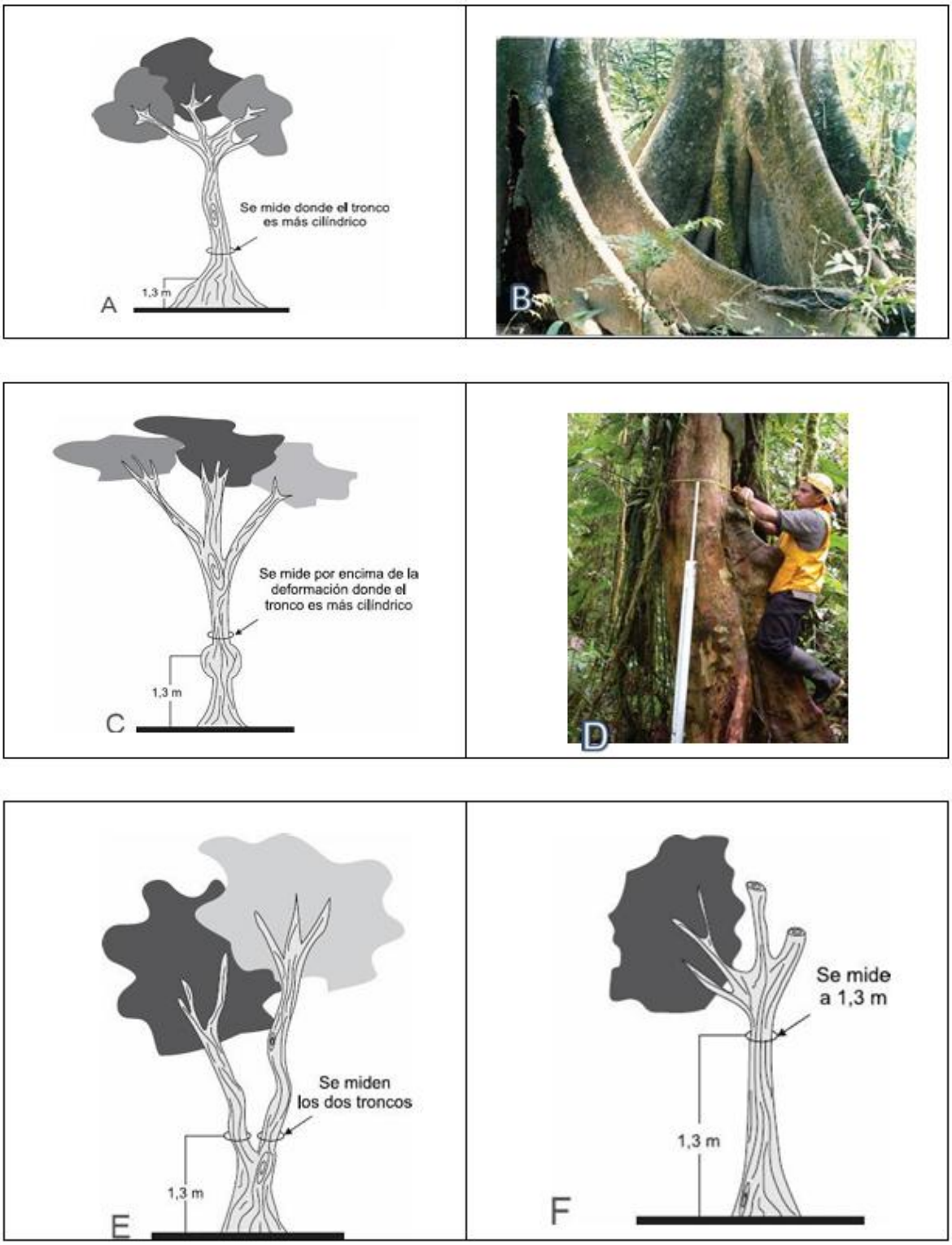
A continuación de presentan algunos casos especiales que hay que tener en cuenta al momento de la medición del DAP:

A-C Fuste con deformaciones.

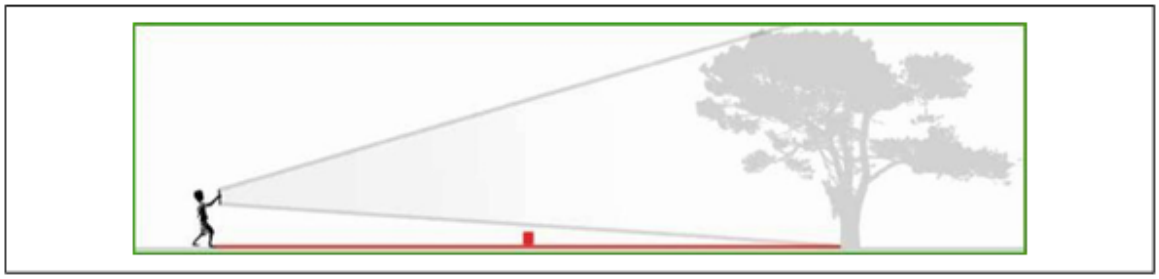
B–D Tronco con bambas o alerones.

E Tallo múltiple o bifurcado.

F Tronco quebrado.



Para la estimación de las alturas (comercial y total) se hace retirándose mínimo 10m del individuo arbóreo, ojalá por la misma curva de nivel y apoyándose de la experiencia del profesional y se estima las dos alturas teniendo en cuenta que la altura comercial está relacionada con la madera aprovechable del fuste.



Liberación del área a intervenir

Luego de verificar y aprobar en campo los datos e información relacionada en la planilla de inventario forestal presentada por el constructor, la interventoría firmará un Acta de Liberación avisando el cumplimiento con lo establecido en el Plan de Manejo Ambiental (PMA) y se da autorización a la tala del individuo arbóreo y aprovechamiento forestal del recurso maderable de acuerdo a las directrices brindadas por la interventoría o la SIF.

Es importante resaltar que cuando el individuo arbóreo se encuentre con presencia de vedas (epifitas vasculares), se debe realizar el respectivo rescate, traslado y reubicación de este material vegetal previo a la tala. De igual forma cuando en el individuo arbóreo se observe presencia de nidos o madrigueras se debe observar si están activos o no y si tienen crías para esperar que naturalmente abandonen el nido o madriguera o realizar el respectivo ahuyentamiento de fauna.

Desarrollo de actividad de tala: Para ejecutar el aprovechamiento forestal, se seguirán las siguientes acciones:

a) Verificación del ID del individuo arbóreo a talar.

b) Dirección natural de caída, la cual depende de la forma de la copa, la inclinación natural del árbol, irregularidades o torceduras del árbol e inclinación del terreno.

c) Realizar un sencillo ahuyentamiento de fauna, mediante el uso de un bafle o megáfono y la reproducción de sonidos de aves rapaces por un tiempo no inferior a 20 minutos y observar si se presentó desplazamiento de la fauna silvestre.

d) Corte de lianas o plantas trepadoras que pueden presentar los siguientes problemas: dificultan la dirección de caída deseada para el árbol a talar, que árbol a talar quede enganchado o colgado sobre otros árboles o el aumento de daños sobre la vegetación o infraestructura aledaña.

e) Evaluar la dirección de caída del árbol teniendo en cuenta la topografía, la copa, los árboles vecinos y la infraestructura y proceder a realizar la tala del árbol en la dirección deseada y si es del caso, se implementará el uso de manilas y poleas para amarrar el fuste del árbol, y así poder direccionar la caída del árbol hacia la dirección

deseada, esto se realiza en casos cuando el árbol se encuentre en pendientes fuertes o con tallos inclinados.

f) En ocasiones pueden presentarse individuos arbóreos que, por las condiciones de infraestructura aledaña, topografía, tamaño o forma de la copa requieran ser talados con equipo de alturas y realizando un desrame en forma descendente. La tala debe iniciar por cortes en segmentos cortos, para evitar que las ramas grandes se desgarren del tronco y generen en la caída un efecto látigo, que pueda lesionar al operario o generar otras fracturas en el tronco. Las ramas que serán cortadas deben estar aseguradas con una manila, para controlar la caída y descenderlas de forma controlada.

Trozado y aprovechamiento forestal: Después del apeo del individuo arbóreo se realizará el desrame del mismo, se verificará y registrara la existencia de nidos y se aprovechará la madera en tablas, largueros, estacones, etc. que puedan ser utilizados en la obra o ser donados a la comunidad mediante acuerdos previos y entrega registrada en acta con fotografía.

La comercialización de la madera obtenida de la tala del individuo arbóreo está completamente prohibida.

El resto de material vegetal (desechos de tala) será trozado con motosierra y machete con la finalidad que pueda ser acopiado, transportado y dispuesto de la mejor forma.

Retiro de raíces: Al culminar las actividades de tala y trozado, el Constructor con la ayuda de maquinaria (retroexcavadora) extraerá las raíces el individuo arbóreo apeado con la finalidad de ser acopiadas con el resto de los desechos vegetales de tala y serán acopiados de forma ordenada y que no interfieran con la excavación y demás actividades constructivas.

Transporte y disposición: Los desechos vegetales de tala se transportarán y depositarán, a más tardar dos (2) días de realizada la tala y serán ubicados en los sitios aprobados por la interventoría.

No se permite el acopio de los desechos vegetales de tala para su descomposición, en taludes, fuentes de agua o sitios no autorizados por la interventoría.

Registro: El Constructor llevara un registro fotográfico y documental de cada una de las actividades desarrolladas para cumplir el ítem. El registro fotográfico1 debe contar con fecha y ubicación geográfica y el dentro del registro documental se debe incluir un listado de los individuos arbóreos talados con su respectiva identificación con nombre científico, nombre común, coordenadas, margen derecha o izquierda, DAP, altura total y observaciones realizadas.

Condiciones para el recibo de los trabajos: Durante la ejecución de los trabajos, el interventor verificará mediante muestreo aleatorio o en su totalidad la cantidad, ubicación y estado de los individuos arbóreos que son objeto de tala, verificando la ejecución de los trabajos de planeación, tala, trozado, aprovechamiento, retiro de raíces, acopiado, transporte, registro y disposición de acuerdo con los planes y exigencias de la presente especificación.

EQUIPO

El Constructor deberá disponer de los equipos y herramientas necesarios para asegurar que la tala de árboles tenga la calidad exigida, y se garantice el cumplimiento del programa de ejecución de los trabajos.

CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

Controles: Durante la ejecución de los trabajos, el Interventor adelantará los siguientes controles principales.

- Verificar el estado y funcionamiento del equipo empleado por el Constructor para la ejecución de los trabajos.
- Comprobar la existencia del individuo arbóreo a talar corresponda con el individuo arbóreo que cuenta con permiso de aprovechamiento forestal por parte de la autoridad ambiental.
- Comprobar que las actividades de planeación, tala del individuo arbóreo, trozado, aprovechamiento, extracción de raíces, acopio, transporte, disposición de desechos vegetales de tala y registro. Cumplan con los requisitos de calidad.
- Verificar que el trabajo se ejecute de acuerdo con las exigencias de la presente especificación.
- Vigilar que el Constructor efectúe planeación, tala del individuo arbóreo, trozado, aprovechamiento, extracción de raíces, acopio, transporte, disposición de desechos vegetales de tala y registro dentro de los tiempos establecidos.
- Vigilar al Constructor en las actividades de planeación, tala del individuo arbóreo, trozado, aprovechamiento, extracción de raíces, acopio, transporte, disposición de desechos vegetales de tala y registro hasta su recibo definitivo.

MEDIDA:

La unidad de medida de la tala cargue y retiro de árboles, bajo cualquier condición, altura entre 10.0m a 15.0m (10 < h <= 15) y DAP mayor de 10 cm. Incluye trozado, retiro de raíces completo, transporte y disposición del material resultante. Será

unidad (un) de individuo arbóreo talado con DAP mayor de 10cm y altura total superior a 10m y menor o igual a 15.0m.

No se incluirán en la medida individuos arbóreos por fuera de los límites autorizados por el Interventor.

FORMA DE PAGO

El pago de la Tala cargue y retiro de árboles, bajo cualquier condición, altura entre 15.0m a 20.0m (15 < h <= 20) y dap mayor de 10cm. incluye trozado, retiro de raíces completo, transporte y disposición del material resultante. Descripción del trabajo se hará al respectivo precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado de acuerdo con esta especificación y aceptado a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir todos los costos de tala, cargue y retiro de árboles salvo que dicha labor forme parte de otra partida de trabajo del mismo contrato; planeación de tala, apeo del individuo arbóreo, trozado, aprovechamiento, extracción de raíces, acopio, transporte, disposición de desechos vegetales de tala, registro y demás materiales requeridos para la tala de árboles, aprovechamiento de madera y manejo de desechos vegetales de tala y en general, todo costo adicional relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados

ÍTEM DE PAGO

15.14 Tala, cargue y retiro de árboles, bajo cualquier condición, altura entre 15.0m a 20.0m (15 < h <= 20) y dap mayor de 10cm. incluye trozado, retiro de raíces completo, transporte y disposición del material resultante. Descripción del trabajo (Und)

Elaboró



Mariajosé Martinez Salcedo
Contratista SIF
MP: 161037-0766162 TLM

Medellín, Octubre 3 de 2025

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo, MARIAJOSÉ MARTINEZ SALCEDO, identificada con la cédula de ciudadanía No 1.000.182.370 de Ibagué, INGENIERA CIVIL con matrícula profesional No 161037-0766162 TLM. del CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA – COPNIA.

CERTIFICO

Que he realizado las especificaciones técnicas del Proyecto: **"MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE PUENTES VEHICULARES EN LOS MUNICIPIOS DE RIONEGRO Y CISNEROS DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA",** el cual será construido en el municipio de Cisneros en el departamento de Antioquia, de acuerdo con los requisitos técnicos vigentes, establecidos en la Normativa colombiana, debidamente firmado.

Para los fines pertinentes, anexo copia de mi Tarjeta o Matrícula Profesional y certificado de vigencia y antecedentes profesionales.

Atentamente,



Mariajosé Martinez.
Ingeniera civil
MP: 161037-0766162 TLM



https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateOfGoodStanding/WaterMarkmethod?CertificateNumber=161037-0766162%20TLM

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2025-3470061

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que MARIAJOSE MARTINEZ SALCEDO, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 1000182370, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 161037-0766162 TLM desde el 07 de Marzo de 2025, otorgado(a) mediante Resolución Nacional R2025010952.

2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.

3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**

4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los veinte (20) días del mes de Marzo del año dos mil veinticinco (2025).

Rubén Dario Ochoa Arbeláez

Firmal del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.