CAPÍTULO 3 - AFIRMADOS, SUBBASES Y BASES

ART. 300	DISPOSICIONES GENERALES PARA LA EJECUCIÓN DE AFIRMADOS, SUB-BASES Y BASES GRANULARES Y ESTABILIZADAS
ART. 310	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE
ART. 311	AFIRMADO
ART. 312	TRATAMIENTO PALIATIVO DEL POLVO EN AFIRMADOS
ART. 320	SUB-BASE GRANULAR
ART. 330	BASE GRANULAR
ART. 340	BASE ESTABILIZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA
ART. 350	SUELO- CEMENTO
ART. 351	BASE TRATADA CON CEMENTO

DISPOSICIONES GENERALES PARA LA EJECUCIÓN DE AFIRMADOS, SUB-BASES Y BASES GRANULARES Y ESTABILIZADAS

ARTÍCULO 300 – 13

300.1 DESCRIPCIÓN

Esta especificación presenta las disposiciones que son generales a los trabajos sobre afirmados, sub-bases y bases granulares y estabilizadas.

300.2 MATERIALES

300.2.1 Agregados pétreos

Los agregados para la construcción de afirmados, sub-bases y bases serán naturales clasificados, podrán provenir de la trituración de rocas y gravas, o podrán estar constituidos por una mezcla de productos de ambas procedencias, según se establece en el Artículo correspondiente a cada partida de trabajo.

Las partículas de los agregados serán duras, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables y sin materia orgánica u otras sustancias perjudiciales.

Los requisitos de calidad, limpieza y grado de trituración que deben cumplir los diferentes materiales a emplear en la construcción afirmados, sub-bases y bases granulares y estabilizadas, se indican en los Artículos respectivos.

300.2.2 Estabilizantes

Los requisitos que deben cumplir los estabilizantes para la construcción de capas estabilizadas de base y sub-base, se indican en los Artículos referentes a ellas.

300.3 EQUIPO

Todos los equipos deberán ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requieren la aprobación previa del Interventor, teniendo en cuenta que

su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obras y al cabal cumplimiento de las exigencias de la presente especificación y de la correspondiente partida de trabajo.

300.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

300.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Aplican las disposiciones generales del Artículo 105, "Desarrollo y control de los trabajos", numeral 105.13.3.

Las fuentes de materiales, así como los procedimientos y los equipos utilizados para la explotación de aquellas y para la elaboración de los agregados requeridos, deberán tener aprobación previa del Interventor, la cual no implica necesariamente la aceptación posterior de los agregados que el Constructor suministre o elabore de tales fuentes, ni lo exime de la responsabilidad de cumplir con todos los requisitos de cada especificación.

Los procedimientos y equipos de explotación, clasificación, trituración, lavado, mezcla de fracciones para obtener una determinada granulometría y el sistema de almacenamiento, deberán garantizar el suministro de un producto de características uniformes. Si el Constructor no cumple con esos requerimientos, el Interventor exigirá los cambios que considere necesarios.

Cuando la obtención de la granulometría especificada requiera de la mezcla de dos o más fracciones de la misma o de diferentes fuentes, esta mezcla se deberá realizar en un patio de trabajo especialmente adecuado para ello y bajo ninguna circunstancia se permitirá su mezclado en la vía.

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

300.4.2 Fase de experimentación en la construcción de sub-bases y bases granulares y estabilizadas

Antes de iniciar los trabajos, el Constructor emprenderá una fase de experimentación para verificar el estado de los equipos y determinar, en secciones de ensayo, el método definitivo de preparación, transporte, colocación y compactación de los materiales, de manera que se cumplan los requisitos de cada especificación.

Para tal efecto, se construirán una o varias secciones de ancho y longitud definidos de acuerdo con el Interventor y en ellas se probarán el equipo y el plan de preparación, extensión y compactación.

El Interventor tomará muestras de la capa construida y las ensayará para determinar su conformidad con las condiciones especificadas de granulometría, densidad seca y demás requisitos.

En el caso de que los ensayos indicaren que la sub-base o base granular o estabilizada no se ajusta a dichas condiciones, el Constructor deberá efectuar inmediatamente las correcciones requeridas a los sistemas de preparación, extensión y compactación, hasta que ellos resulten satisfactorios para el Interventor. Sólo cuando estas correcciones hayan sido hechas a satisfacción del Interventor, se autorizará la construcción de la capa a escala industrial.

300.4.3 Acopio de los agregados

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

300.4.4 Muestreo y ensayos

El Constructor deberá permitir al Interventor la toma de todas las muestras que exigen estas especificaciones, para verificar su conformidad con los requisitos impuestos en ellas.

Siempre que los ensayos den resultados no satisfactorios, el Constructor será el responsable de las consecuencias que se deriven de ello, y todas las correcciones o reparaciones a que haya lugar correrán a su exclusivo cargo, sin que impliquen ningún costo para el Instituto Nacional de Vías.

300.4.5 Transporte de materiales

Todo transporte de materiales sobre las vías públicas se deberá realizar en vehículos aprobados para circular sobre las carreteras nacionales, los cuales deberán cumplir la reglamentación vigente sobre pesos y dimensiones del Ministerio de Transporte, así como las normas sobre protección ambiental, expedidas por la entidad que tenga la jurisdicción respectiva.

Los vehículos deberán contar con dispositivos para depositar los materiales de tal modo que no se produzca segregación, ni se cause daño o contaminación en la superficie existente. Cualquier contaminación que se presentare, deberá ser subsanada por el Constructor, sin cargo para el Instituto Nacional de Vías, antes de proseguir el trabajo.

En aquellos casos en que el transporte de materiales pueda perjudicar la obra en ejecución, el Constructor deberá construirlos desvíos necesarios.

300.4.6 Desvíos

Todos los desvíos que se requieran construir durante la ejecución de las obras deberán permitir la circulación segura y sin inconvenientes. Cuando a juicio del Interventor su construcción no resulte práctica, podrá autorizar las operaciones constructivas por medias calzadas.

En todos los casos, el Constructor está obligado a colocar y mantener el personal y las señales necesarias para guiar el tránsito, de conformidad con lo que establece el Manual de Señalización Vial del Ministerio de Transporte. En caso de que no se cumplan estas condiciones, el Interventor prohibirá la ejecución de trabajos en las zonas afectadas.

300.4.7 Conservación

Toda capa de sub-base o base terminada deberá ser conservada a partir de la fecha de su terminación en las condiciones en que la recibió el Interventor, hasta el instante en que sea recubierta por la capa superior, aun cuando la superficie fuese librada parcial o totalmente al tránsito

público. El Constructor será responsable por toda alteración y deberá reponer la capa en la condición en la cual le fue recibida, sin cargo adicional para el Instituto Nacional de Vías, antes de que el Interventor autorice la colocación de la capa superior.

300.4.8 Manejo ambiental

Todas las labores para la fabricación de capas granulares y estabilizadas se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales. En adición a lo estipulado en el Artículo 106, "Aspectos Ambientales, se describen a continuación algunos de los cuidados relevantes en relación con la protección ambiental, sin perjuicio de los que exijan los documentos de cada proyecto en particular o la legislación ambiental vigente:

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

- Las instalaciones de trituración y clasificación de agregados no podrán estar localizadas en áreas de preservación ambiental.

- La explotación de las fuentes deberá ser cuidadosamente planeada, de manera de minimizar los daños inevitables y posibilitar la recuperación ambiental una vez culminada la explotación.

- Se deberán construir las piscinas de sedimentación que fuesen necesarias, con el fin de retener las partículas finas sobrantes, evitando su transporte hacia cursos o láminas de agua.

- Si la fuente es una cantera, no se permitirá el desmonte mediante quema y todo material de descapote deberá ser cuidadosamente conservado para colocarlo de nuevo sobre el área explotada, reintegrándola al paisaje.

- Si los agregados son suministrados por terceros, el Constructor deberá entregar al Interventor la documentación que certifique la legalidad de la explotación y el cumplimiento de las disposiciones ambientales vigentes.

- Se deberá evitar el tránsito desordenado de equipos de construcción por fuera del área de los trabajos, con el fin de evitar perjuicios innecesarios a la flora y a la fauna, así como interferencias al drenaje natural.

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

- Siempre que se usen estabilizantes, su manejo y aplicación se realizarán con las precauciones que exijan las autoridades ambientales, según el tipo de producto utilizado.

300.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

300.5.1 Controles

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

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Comprobar que los materiales cumplan con los requisitos de calidad exigidos en la respectiva especificación.

- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados de acuerdo con los programas de trabajo.

- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aceptado como resultado de la fase de experimentación, en el caso de sub-bases y bases granulares o estabilizadas.

- Ejecutar ensayos de compactación en el laboratorio.

- Verificar la densidad seca de las capas compactadas efectuando la corrección previa por partículas de agregado grueso, siempre que ella sea necesaria. Este control se realizará en el espesor de capa realmente construido de acuerdo con el proceso constructivo aplicado.

- Tomar medidas para determinar espesores y levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie.

- Velar por el cumplimiento de todas las disposiciones relacionadas con el manejo ambiental.

El Interventor medirá, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas a satisfacción.

300.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Tanto las condiciones de recibo como las tolerancias para las obras ejecutadas se indican en los Artículos correspondientes. Aquellas áreas donde los defectos de calidad y las irregularidades excedan las tolerancias, deberán ser corregidas por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a satisfacción de éste.

300.5.3 Medidas de deflexión

Si los documentos del proyecto lo contemplan o lo solicita en Interventor, el Constructor verificará la solidez de la estructura construida al nivel de sub-base o base granular o estabilizada, realizando medidas de deflexión con la viga Benkelman o el deflectómetro de impacto (FWD), de acuerdo con las normas de ensayo INV E-795 o INV E-798. Los resultados de las medidas no constituirán base para aceptación o rechazo de la capa de sub-base de base o base construida, sino que servirán al Instituto Nacional de Vías para verificar la homogeneidad de la estructura que se construye y realizar los ajustes que pudieran resultar necesarios al diseño estructural del pavimento.

300.6 MEDIDA

La medición se efectuará aplicando los procedimientos y unidades de medida que se indican a continuación, con las precisiones que se hacen en algunos de los Artículos del presente capítulo. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida en el respectivo Artículo, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

300.6.1 Construcción de afirmados, sub-bases granulares y bases granulares y estabilizadas

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3), aproximado al entero, de material o mezcla suministrado, colocado y compactado a satisfacción del Interventor, de acuerdo con lo que exija la especificación respectiva. El volumen se determinará utilizando la longitud real medida a lo largo del eje de la vía y las secciones transversales establecidas en los planos del proyecto, previa verificación de que su anchura y espesor se encuentren conformes con dichos planos y dentro de las tolerancias permitidas en la respectiva especificación.

No se medirán cantidades en exceso de las especificadas, especialmente cuando ellas se produzcan por sobreexcavaciones de la subrasante por parte del Constructor.

300.6.2 Ejecución de bacheos con materiales granulares de sub-base y base

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3), aproximado al entero, de bacheo con material de sub-base granular o base granular, según el caso, ejecutado a satisfacción del Interventor, de acuerdo con lo exigido en la especificación respectiva. El volumen se determinará multiplicando la superficie donde el Interventor haya autorizado el trabajo, por el espesor compacto promedio en que se haya colocado el material, de acuerdo con la especificación respectiva.

300.7 FORMA DE PAGO

El pago por la construcción de afirmados, sub-bases granulares y estabilizadas, bases granulares y estabilizadas y bacheos con materiales granulares de sub-base y base, se hará por metro cúbico al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo tanto con este Artículo como con la especificación respectiva y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de adquisición, obtención de permisos y derechos de explotación o alquiler de fuentes de materiales y canteras; obtención de permisos ambientales para la explotación de los suelos y agregados; las instalaciones provisionales; los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes y canteras; los costos de los desvíos que se requieran construir durante la ejecución de las obras; la preparación de las zonas por explotar, así como todos los costos de explotación, selección, trituración, eventual lavado, transportes,

almacenamiento, clasificación, desperdicios, cargues, descargues, mezcla, colocación, nivelación y compactación de los materiales utilizados; y los de extracción, bombeo, transporte y distribución del agua requerida.

Además, deberá incluir los costos de la fase de experimentación cuando ella se encuentre incluida dentro de la respectiva especificación; de todos los ensayos de campo y de laboratorio que estén a cargo del Constructor, incluyendo las medidas de deflexión a las que hace referencia el numeral 300.5.3, así como de la señalización preventiva de la vía y del control del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos, los de la conservación de la capa terminada y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de la capa respectiva.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de adecuación paisajística de las fuentes para recuperar las características hidrológicas al terminar su explotación y demás requisitos establecidos en el Artículo 106, “Aspectos Ambientales”.

En el caso de la construcción de sub-bases y bases estabilizadas con materiales provenientes de la misma vía, el precio unitario deberá incluir su escarificación en el espesor requerido y su posterior pulverización hasta cumplir las exigencias de la respectiva especificación. Tanto si los materiales provienen de la misma vía como si son transportados, el precio unitario deberá incluir, también, el suministro en el sitio del agua que se pueda requerir, la aplicación y mezcla del producto estabilizante; así como el suministro, almacenamiento, desperdicios, cargues, transporte, descargues y aplicación del producto requerido para el curado de la capa compactada, según lo exija la respectiva especificación y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

En los Artículos correspondientes, o en las especificaciones particulares del proyecto, se definirá si se excluye del precio unitario de las sub-bases y bases estabilizadas, el suministro en el sitio del producto estabilizante. Si éste no se excluye explícitamente, el precio unitario de la construcción de sub-bases y bases estabilizadas deberá incluir el suministro, almacenamiento y transporte del mismo.

El Constructor deberá considerar, en relación con los explosivos que requiera, todos los costos que implican su adquisición, incluidos los accesorios requeridos para su empleo, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control, hasta el sitio e instante de utilización. También, en todos los casos, el precio unitario incluirá el costo de la operación de voladura.

La preparación de la superficie existente se considera incluida en el ítem referente a la ejecución de la capa a la cual corresponde dicha superficie y, por lo tanto, no habrá lugar a pago separado por este concepto, salvo que dicho ítem no forme parte

del mismo contrato, caso en el cual el Constructor deberá considerar el costo de la preparación de la superficie existente dentro del ítem objeto del pago.

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

CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE

ARTÍCULO 310 – 13

310.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la escarificación, la conformación, la renivelación y la compactación del afirmado existente, con o sin adición de material de afirmado o de sub-base granular; así como la conformación o reconstrucción de cunetas.

310.2 MATERIALES

Se aprovecharán los materiales del afirmado existente que cumplan con los requisitos de calidad estipulados en el Artículo 311 para afirmados y en el Artículo 320 para sub-bases granulares.

En el caso de que sea necesaria la adición de nuevo material, éste deberá cumplir con los requisitos de calidad señalados en el Artículo 311 para afirmados o en el Artículo 320 para sub-bases, según los alcances del proyecto.

310.3 EQUIPO

Rige lo indicado en el numeral 300.3 del Artículo 300, “Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases y bases granulares y estabilizadas”.

Normalmente, el equipo requerido para la conformación de la calzada incluye elementos para la explotación de materiales, eventualmente una planta de trituración, unidad clasificadora, equipos para mezclado, cargue, transporte, extensión, humedecimiento y compactación del material, así como herramientas menores.

310.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

310.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Se aplica lo indicado en el numeral 300.4.1 del Artículo 300.

310.4.2 Mejoramiento del afirmado

Los materiales existentes que no cumplan con los requisitos de calidad establecidos en los Artículos 311 o 320, según corresponda, se escarificarán en el espesor ordenado por el Interventor, se retirarán, transportarán, depositarán y conformarán en los sitios destinados para disposición de sobrantes o desechos de acuerdo con estas especificaciones o lo dispuesto por el Interventor.

Cuando el material del afirmado existente cumpla con los requisitos de calidad establecidos en los Artículos 311 o 320, según corresponda, se deberá escarificar, conformar, humedecer o secar y compactar de acuerdo con lo especificado en esos Artículos, ya sea con o sin adición de material. La escarificación del afirmado existente se realizará necesariamente cuando no se requiera adicionar material o cuando el espesor de la capa compacta de material por adicionar sea inferior a diez centímetros (10 cm).

Para el caso de capas adicionales con espesores compactados iguales o superiores a diez centímetros (10 cm), la escarificación sólo se realizará cuando haya necesidad de efectuar el reemplazo de material de afirmado existente que no cumpla con los requisitos de calidad establecidos en los Artículos 311 o 320, según corresponda salvo que, por circunstancias especiales, el Interventor determine lo contrario.

El material por utilizar en la adición o en el reemplazo de material inadecuado, deberá cumplir también lo especificado en los Artículos 311 o 320 para afirmados o sub-bases granulares, según lo indique el proyecto.

En el mejoramiento del afirmado no deberán aparecer depresiones ni angostamientos que afecten la superficie de rodadura contemplada en el alineamiento y en las secciones típicas del proyecto.

Una vez conformada la calzada existente, el Constructor deberá conservarla con la planicidad y el perfil correctos, hasta que proceda a la construcción de la capa superior. Cualquier deterioro que se produzca por causa diferente a fuerza mayor deberá ser corregido por el Constructor sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, a plena satisfacción del Interventor.

310.4.3 Cunetas y ensanches

La conformación o reconstrucción de cunetas, así como la construcción de ensanches menores, se harán de acuerdo con las secciones, pendientes transversales y cotas indicadas en los planos o determinadas por el Interventor y con lo especificado en los artículos correspondientes a excavaciones y terraplenes.

Los procedimientos requeridos para cumplir la presente especificación deberán incluir la excavación, el cargue, el transporte y la disposición de los materiales no utilizables y la conformación de los materiales que sean utilizables, para obtener la sección típica proyectada.

El mejoramiento de cunetas y los ensanches deberán avanzar coordinadamente con la construcción de las demás obras del proyecto.

310.4.4 Manejo ambiental

Rige lo indicado en el numeral 300.4.8 del Artículo 300.

310.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

310.5.1 Controles

Se aplica todo lo que resulte pertinente del numeral 300.5.1 del Artículo 300.

310.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Los trabajos de conformación de la calzada se deberán ajustar a los planos y secciones del proyecto y las instrucciones del Interventor. Su pendiente transversal deberá ser la especificada en el numeral 311.4.5 del Artículo 311, “Afirmado”.

Las cunetas deberán quedar funcionando adecuadamente y libres de todo material de desecho.

En los casos en que se requiera adición de material, la verificación de su calidad se efectuará de acuerdo con lo establecido en el Artículo 311, “Afirmado”, o en el Artículo 320, “Sub-base granular”, según se haya incorporado material de afirmado o de sub-base granular, respectivamente.

El control de compactación se ajustará a lo establecido en el numeral 311.5.2.2.2 del Artículo 311, "Afirmado".

El trabajo se considerará terminado cuando el Interventor verifique y acepte que el Constructor se ha ceñido a lo establecido en los documentos y planos del proyecto y a lo ordenado por aquel.

310.6 MEDIDA

La unidad de medida para la conformación de la calzada, será el metro cuadrado (m^2), aproximado al entero, de trabajo realizado de acuerdo con esta especificación y a satisfacción del Interventor en el área definida por éste.

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

No se medirá, para efectos de pago, ningún área por fuera de los límites indicados en los documentos del proyecto o autorizados por el Interventor.

310.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato por toda área de calzada conformada a plena satisfacción del Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de excavación de cunetas y ensanches menores en corte, hasta un máximo de cincuenta metros cúbicos (50 m^3) entre estaciones de cincuenta metros(50 m) del abscisado del proyecto, excavados a un solo lado de la vía; el cargue, el transporte de los materiales excavados hasta los sitios de utilización y desecho; la escarificación, el cargue, el transporte y el desecho en sitios aprobados de los materiales inadecuados de la calzada existente; la escarificación, la conformación, el humedecimiento o el secamiento y la compactación de los materiales apropiados de la calzada existente, de acuerdo con las secciones típicas del proyecto, con o sin adición de material.

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

Habrá pago por separado por excavaciones de volumen superior al señalado en el segundo párrafo de este numeral, los cuales se reconocerán de acuerdo con el Artículo 210," Excavación de la explanación, canales y préstamos", así como por el

suministro, el transporte y la colocación de los materiales requeridos de afirmado y sub-base granular, los cuales se reconocerán de acuerdo con los Artículos 311, “Afirmado” y Artículo 320, “Sub-base granular”.

310.8 ÍTEM DE PAGO

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

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

AFIRMADO

ARTÍCULO 311 – 13

311.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, colocación y compactación de los materiales de afirmado sobre la subrasante terminada, o sobre un afirmado existente, de acuerdo con la presente especificación, los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos del proyecto y las instrucciones del Interventor.

311.2 MATERIALES

Los agregados para la construcción del afirmado deberán satisfacer los requisitos de calidad indicados en la Tabla 311 - 1. Además, se deberán ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la Tabla 311 - 2 y deberán cumplir con las relaciones establecidas en la Tabla 311 - 3.

Tabla 311 - 1. Requisitos de los agregados para afirmados

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones	E-218	50
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	 12 18
Limpieza (F)		
Límite líquido, máximo (%)	E-125	40
Índice de plasticidad (%)	E-125 y E-126	4 - 9
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%)	E-211	2
Contracción lineal	E-127 o E-129	Tabla 311 - 3
Resistencia del material (F)		
CBR (%): porcentaje asociado al grado de compactación mínimo especificado (numeral 311.5.2.2.2); el CBR se medirá sobre muestras sometidas previamente a cuatro días de inmersión.	E-148	≥ 15

Tabla 311 - 2. Franjas granulométricas del material de afirmado

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	1 ½"	1"	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
	% PASA							
A-38	100	-	80-100	60-85	40-65	30-50	13-30	9-18
A-25	-	100	90-100	65-90	45-70	35-55	15-35	10-20
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %			6 %			3 %

Tabla 311 - 3. Relaciones que debe cumplir el material de afirmado

RELACIÓN	REQUISITO
$\frac{\%\text{ pasa tamiz No. 200}}{\%\text{ pasa tamiz No.10}}$	0.20 a 0.45
$\frac{\%\text{ pasa tamiz No. 200}}{\%\text{ pasa tamiz No. 40}}$	$\leq \frac{2}{3}$
{(% pasa tamiz de 1")-(% pasa tamiz No. 10)}×{% pasa tamiz No. 4}	16 a 34
(% de contracción lineal)×(% pasa tamiz No. 40)	100 a 240

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

Dentro de la franja elegida, el Constructor propondrá al Interventor una "Fórmula de Trabajo" a la cual se deberá ajustar durante la construcción de la capa, con las tolerancias que se indican en la Tabla 311 - 2, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada o que se incumpla alguna de las relaciones establecidas en la Tabla 311 - 3.

El tamaño máximo nominal no deberá exceder de 1/3 del espesor de la capa compactada.

311.3 EQUIPO

Al respecto, rigen las condiciones generales que se indican en el numeral 300.3 del Artículo 300, "Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases y bases granulares y estabilizadas". Para la construcción del afirmado se requieren equipos para la explotación de los materiales, eventualmente una planta de trituración, una unidad clasificadora y, de ser necesario, un equipo de lavado. Además, equipos para mezclado, cargue, transporte, extensión, humedecimiento y compactación del material, así como herramientas menores.

311.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

311.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo indicado en el numeral 300.4.1 del Artículo 300.

311.4.2 Preparación de la superficie existente

El material de afirmado no se descargará hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a apoyar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias admitidas en la especificación respectiva, deberán ser corregidas de acuerdo con lo establecido en ella.

311.4.3 Transporte y almacenamiento del material

El transporte y el almacenamiento de materiales para afirmado deberán cumplir lo establecido en los numerales 300.4.5 y 300.4.3 del Artículo 300.

311.4.4 Colocación del material

La colocación del material sobre la capa subyacente se hará en una longitud que no sobrepase mil quinientos metros (1500 m) de las operaciones de extensión, conformación y compactación del material.

311.4.5 Extensión, acondicionamiento y conformación del material

El material se dispondrá en un cordón de sección uniforme, donde será verificada su homogeneidad. En caso de que sea necesario humedecer o airear el material para lograr la humedad de compactación, el Constructor empleará el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje una humedad uniforme en el material. Éste, después de humedecido o aireado, se extenderá en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos.

A menos que en el proyecto figure algo diferente o que el Interventor lo ordene, el material de afirmado deberá ser distribuido en una sola capa y en todo el ancho de la corona, calzada más bermas, de tal manera que al extenderse, la capa resulte de espesor uniforme, con una pendiente transversal entre tres por ciento (3 %) y cuatro por ciento (4 %), para facilitar el escurrimiento de las aguas superficiales.

311.4.6 Compactación

Una vez que el material tenga la humedad apropiada y esté conformado debidamente, se compactará con el equipo aprobado hasta lograr la densidad seca especificada. Aquellas zonas que por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan la utilización del equipo que normalmente se utiliza, se compactarán con los medios adecuados para el caso, en forma tal que las densidades secas que se alcancen no sean inferiores a las obtenidas en el resto de la capa.

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

311.4.7 Apertura al tránsito

Sobre las capas en ejecución se prohibirá la acción de todo tipo de tránsito mientras no se haya completado la compactación. Si ello no fuere posible, el tránsito que necesariamente tenga que pasar sobre ellas se distribuirá en forma tal que no se concentren ahuellamientos en la superficie. El Constructor deberá responder por los daños originados por esa causa y deberá proceder a repararlos, sin costo adicional para el

Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor.

311.4.8 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la extensión de una capa de material de afirmado en momentos en que haya lluvia o fundado temor que ella ocurra, ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a dos grados Celsius (2° C).
Los trabajos de construcción de afirmado se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

311.4.9 Manejo ambiental

Rige lo indicado en el numeral 300.4.8 del Artículo 300.

311.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

311.5.1 Controles

Rige lo indicado en el numeral 300.5.1 del Artículo 300.

311.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

311.5.2.1 Calidad de los agregados

311.5.2.1.1 Control de procedencia

De cada fuente de agregados pétreos y para cualquier volumen previsto se tomarán cuatro (4) muestras representativas para realizar los ensayos especificados en la Tabla 311 - 1. Los resultados de ellos deberán satisfacer las exigencias indicadas en dicha tabla, so pena del rechazo de los materiales deficientes.

311.5.2.1.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado.

Al material ya colocado en la vía se le realizarán controles con la frecuencia que se indica en la Tabla 311 - 4.

Tabla 311 - 4. Verificaciones periódicas de la calidad del material de afirmado

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Granulometría	E-123	Una (1) vez por jornada
Límite líquido	E-125	Una (1) vez por jornada
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	Una (1) vez por jornada
Contracción lineal	E-127	Una (1) vez por semana
Ensayo modificado de compactación	E-142	Una (1) vez por semana

Cuando el Interventor considere que las características del material que está siendo explotado en una fuente han cambiado, se deberán repetir todos los ensayos especificados en la Tabla 311 - 1 y adoptar los correctivos que sean necesarios.

En ningún caso se permitirá el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos establecidos en el numeral 311.2. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado insatisfactorio, se tomarán dos muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representan dichos ensayos.

311.5.2.2 Calidad del producto terminado

311.5.2.2.1 Terminado

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas en los documentos del proyecto. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la berma no será inferior a la señalada en los planos o la definida por el Interventor. No se tolerará en las obras concluidas, ninguna irregularidad que impida el normal escurrimiento de las aguas.

Se deberán efectuar, además, las siguientes comprobaciones:

311.5.2.2.2 Compactación

Para efectos de la verificación de la compactación de la capa de afirmado, se define como “lote”, que se aceptará o rechazará en conjunto, el menor volumen que resulte de aplicar los siguientes criterios:

– Quinientos metros lineales (500 m) de capa compactada en el ancho total del afirmado.

– Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m^2) de afirmado compactado.

– La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

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

Para el control de la compactación de una capa de afirmado, se deberá calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los

ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones humedad-peso unitario (ensayo modificado de compactación), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

– Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,máx}} \times 100 \qquad [311.1]$$

– Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,máx}} \times 100 \qquad [311.2]$$

Siendo:

GCi: Valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

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

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

$C\gamma_{d,máx}$: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 sobre una muestra representativa del mismo, y corregido por sobretamaños según la norma de ensayo

INV E-143, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total.

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

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

Para la aceptación del lote se aplicarán los siguientes criterios:

GC_l (90) ≥ 95.0 %	se acepta el lote	[311.3]
GC_l (90) < 95.0 %	se rechaza el lote	[311.4]

Siendo:

$GC_l(90)$: Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90%, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del Artículo 107, “Control y aceptación de los trabajos”, a partir de los valores individuales del grado de compactación GC_i.

Las verificaciones de compactación se deberán efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Los lotes que no alcancen las condiciones mínimas de compactación deberán ser escarificados,

homogenizados, llevados a la humedad adecuada y compactados nuevamente hasta obtener el valor de densidad seca especificado.

311.5.2.2.3 Espesor

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

$$e_m \geq e_d \quad [311.5]$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, cuando menos, igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d), admitiéndose sólo un (1) valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando este valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.90\ e_d \quad [311.6]$$

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

311.6 MEDIDA

El afirmado se medirá según lo descrito en el numeral 300.6.1 del Artículo 300.

311.7 FORMA DE PAGO

El afirmado se pagará según lo que sea aplicable del numeral 300.7 del Artículo 300.

311.8 ÍTEM DE PAGO

311.1	Afirmado	Metro cúbico (m^3)

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

TRATAMIENTO PALIATIVO DEL POLVO EN AFIRMADOS

ARTÍCULO 312 – 13

312.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la preparación de una superficie granular de rodadura, la eventual adición y mezcla de nuevos materiales granulares, el suministro en el lugar y la aplicación de un producto apropiado para aliviar las molestias causadas por el tránsito automotor y la posterior compactación de la capa tratada, de conformidad con lo establecido en esta especificación y las indicaciones del Interventor.

312.2 MATERIALES

312.2.1 Cloruro de calcio

El producto por utilizar para el tratamiento paliativo de polvo será cloruro de calcio en forma sólida o líquida, que cumpla los requisitos establecidos en la norma ASTM D 98. Los documentos del proyecto precisarán el tipo de cloruro por utilizar.

312.2.1.1 Forma sólida

En su forma sólida, el cloruro se podrá emplear en forma de hojuelas (flakes), con una concentración no menor de 77 % de cloruro de calcio puro, o en forma de esferas (pellets), con una concentración no menor de 94 % de cloruro de calcio puro. En el primer caso, el producto se deberá ajustar al Grado 1 – Clase A de la especificación ASTM D 98 y en el segundo, al Grado 3 – Clase B de la misma especificación.

312.2.1.2 Forma líquida

Consiste en una solución acuosa del cloruro, con una concentración de cuando menos 32 % y gravedad específica no menor de 1.30, medida esta última de acuerdo con la norma ASTM D 1475.

312.2.2 Agua

El agua para el humedecimiento previo de la superficie por tratar deberá estar libre de cualquier contaminante que afecte el comportamiento del

material en servicio o el medio ambiente. Puede ser agua potable; si no lo es, deberá cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 312 - 1.

Tabla 312 - 1. Requisitos del agua no potable para tratamiento paliativo de polvo en afirmados

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO ASTM	REQUISITO
pH	D 1293	5.5 - 8.0
Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^=$, g/l máximo	D 516	1.0

312.2.3 Otros paliativos de polvo

El empleo de otro producto para el control del polvo en afirmados, diferente del cloruro de calcio, requiere la elaboración de una especificación particular.

312.3 EQUIPO

El Constructor deberá proponer, para consideración del Interventor, los equipos más apropiados para las operaciones por realizar, los cuales no deberán producir daños o menoscabos innecesarios en vecindades o en la zona de los trabajos y deberán garantizar el avance físico según el programa de trabajo y el cumplimiento de las exigencias de este Artículo.

Para la ejecución de los trabajos especificados se requiere un equipo para la aplicación del producto sobre la superficie, el cual consistirá en un carrotanque con dispositivos de aplicación a presión si el cloruro se va a aplicar en forma líquida o en un esparcidor de gravilla o agrícola para aplicaciones en forma sólida. Dicho equipo se deberá encontrar en óptimas condiciones de funcionamiento y debidamente calibrado, de manera que aplique el producto en forma uniforme a lo largo y ancho de la superficie por tratar.

Se requieren, además, una motoniveladora con escarificador, un carrotanque irrigador de agua, compactador neumático y herramientas menores.

Los recipientes para el transporte del cloruro en forma sólida deberán ser herméticos y cuando se transporte en forma líquida se emplearán carrotanques calibrados. En todos los casos, los vehículos de transporte deberán cumplir las reglamentaciones vigentes sobre tránsito y medio ambiente expedidas por las autoridades competentes.

El cloruro de calcio en forma sólida se podrá almacenar en bodegas, tolvas, silos o apilado. El tipo de almacenamiento dependerá de la cantidad de producto por almacenar y de la duración del almacenamiento. Para que éste sea seguro, se deberán cumplir tres (3) requisitos:

- Que el material se mantenga seco, en un ambiente protegido de la humedad.

- Que el sistema de drenaje se encuentre suficientemente alejado del área de almacenamiento, para prevenir cualquier contaminación de láminas y cursos de agua por arrastre de partículas.

- Que la superficie de la zona de almacenamiento sea pavimentada.

Cuando el cloruro se almacene en bodegas, sus pisos, paredes y techos deberán ser tan herméticos como resulte posible, para prevenir el acceso de humedad al producto. Si se emplean tolvas y silos, ellos podrán ser de acero al carbono, siendo de máxima importancia la exclusión de la humedad para prevenir la corrosión. Si el producto se almacena en pilas, éstas se deberán cubrir de manera permanente con láminas de polietileno aseguradas de manera firme, para evitar que sean levantadas por el viento. Siempre que se emplee un almacenamiento elevado para descarga del producto por gravedad, ésta se deberá realizar en un ángulo de 45º con la horizontal cuando se trate de hojuelas y de 35º cuando se trate de esferas.

312.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

312.4.1 Fase de experimentación

Antes de iniciar los trabajos a escala industrial, el Constructor emprenderá una fase de experimentación para verificar el estado y rendimiento de los equipos y determinar, en secciones de ensayo, la dosificación del producto y los métodos definitivos de trabajo, de manera de cumplir los requisitos del presente Artículo.

Al efecto, el Constructor tomará una sección de unos cien metros (100 m) de longitud, cuya superficie se preparará como se indica en el numeral 312.4.2, y sobre ella se aplicará el producto con una dosificación preliminar establecida en acuerdo con el Interventor, dependiendo de la granulometría y la plasticidad del afirmado por proteger y de la duración prevista para el tratamiento. Su compactación se realizará como se indica en el numeral 312.4.4.

Si el resultado de esta primera sección de ensayo no es satisfactorio, se prepararán otra u otras, realizando las modificaciones pertinentes, según las causas que se establezcan como determinantes de la falla de la primera sección y las subsiguientes, hasta encontrar unas condiciones de trabajo satisfactorias para el Interventor.

Siempre que una sección de prueba resulte inadecuada, el material se deberá escarificar, remover, transportar y verter en un depósito aprobado, sin que ello general ningún costo para el Instituto Nacional de Vías.

La cantidad de cloruro por aplicar deberá ser la mínima necesaria para obtener el éxito en el tratamiento, pero nunca podrá exceder de 0.8 kg/m^2 de cloruro puro. Si las pruebas determinan la necesidad de utilizar una cantidad mayor, no se permitirá la ejecución del tratamiento con este producto.

312.4.2 Preparación de la superficie existente

Para que el tratamiento sea eficiente, el material por tratar deberá satisfacer los requisitos de calidad y granulometría establecidos en el Artículo 311 para Afirmados. Si se presentan deficiencias en este aspecto, se deberá adicionar y mezclar un material granular que las corrija, compactando a continuación dicha mezcla a los niveles exigidos en el Artículo 311.

El afirmado existente, corregido si ha sido necesario según se describe en el párrafo anterior, se deberá perfilar en todo el ancho de la corona de la vía, de manera que la superficie presente un bombeo constante, preferiblemente de cuatro por ciento (4 %).

A continuación, se deberá escarificar en un espesor comprendido entre veinticinco y cincuenta milímetros (25 mm a 50 mm), el cual deberá permanecer suelto durante el tratamiento, con el fin de que el cloruro penetre rápida y uniformemente dentro del material granular. Por ningún motivo se compactará el afirmado antes de aplicar el producto.

La superficie por tratar no se podrá encontrar seca antes de la aplicación del cloruro. Por lo tanto, se deberá incorporar una cantidad de agua que sea suficiente para facilitar la penetración del cloruro en el afirmado, pero no excesiva al punto de que pueda causar escurrimientos sobre la superficie de la vía.

312.4.3 Aplicación del producto

El producto se podrá aplicar en forma líquida y a presión por medio de un carrotanque o en forma de hojuelas o esferas con el apoyo de un esparcidor. La velocidad de operación del equipo deberá ser tal, que se aplique la cantidad de cloruro establecida como adecuada durante la fase de experimentación.

Al término de la aplicación, el equipo utilizado deberá ser sometido a una limpieza rigurosa, debido al carácter corrosivo del cloruro.

312.4.4 Compactación

Después de aplicado el producto se procederá a la compactación de la superficie tratada, empleando para ello un equipo de llantas neumáticas. El número de pasadas será el definido en la fase de experimentación, ajustado cuando las circunstancias de la obra lo hagan necesario.

Si durante el proceso de compactación se advierte que el material tiende a ser desplazado al frente del compactador, se deberá esperar que cure un poco antes de terminar la compactación.

312.4.5 Control del tránsito

No se permitirá la circulación de ningún tipo de tránsito durante las dos (2) horas siguientes a la terminación de la compactación. Si la suspensión del tránsito no resulta posible, la vía deberá ser tratada por mitades.

312.4.6 Limitaciones en la ejecución

El tratamiento para el control del polvo en afirmados no se podrá realizar en instantes de lluvia, ni cuando los pronósticos meteorológicos señalen una posibilidad mayor de 20 % de ocurrencia de lluvias durante las treinta y seis (36) horas siguientes al instante previsto para la aplicación del producto. El agua lluvia lava y diluye el cloruro estropeando el tratamiento y causando problemas ambientales en los cursos y láminas de agua y en la vegetación adyacente a la vía.

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

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

312.4.7 Manejo ambiental

Rige lo indicado en el numeral 300.4.8 del Artículo 300, "Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases y bases granulares y estabilizadas".

Todas las estructuras de drenaje superficial aledañas a la zona de los trabajos se deberán mantener limpias para garantizar el adecuado escurrimiento de las aguas, limitando la cantidad de agua que se pueda infiltrar al afirmado, lavando el cloruro y deteriorando el tratamiento.

El cloruro de calcio y sus soluciones presentan los mismos problemas de manejo de otras sales similares y, por lo tanto, requieren un manejo cuidadoso y el uso de gafas para prevenir lesiones.

No se permitirá la dilución del cloruro en agua dentro de la zona de las obras, debido al carácter exotérmico de este proceso.

Al aplicar el cloruro o su solución se deberá evitar, por todos los medios, que el producto tenga acceso a fuentes de agua potable o sea esparcido sobre la vegetación. Al limpiar los equipos luego de la aplicación del producto, se deberá tener en cuenta la misma precaución.

312.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

312.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos de tratamiento paliativo del polvo, se adelantarán los siguientes controles generales:

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Comprobar, siempre que se considere necesario, que el producto empleado en el tratamiento y el agua cumplan todos los requisitos de calidad mencionados en este Artículo.

- Verificar la calidad de la mezcla entre el material del afirmado existente y el granular de aporte, cuando éste último se requiera.

- Efectuar pruebas de campo para verificar las dosificaciones del tratamiento paliativo de polvo.

312.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

312.5.2.1 Calidad del producto

Por cada despacho del producto empleado para el tratamiento, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante, donde consten las fechas de elaboración y vencimiento, así como los resultados de los ensayos de calidad indicados en las normas ASTM D 345 y ASTM E 449, los cuales deberán cumplir con las exigencias de la norma ASTM D 98.

Independientemente de la entrega de esta información, el Interventor podrá requerir al Constructor para que, a costa de éste, se realicen los ensayos de comprobación correspondientes en un laboratorio nacional idóneo.

El producto será rechazado por el Interventor y, en consecuencia, no podrá ser empleado en los trabajos, en las siguientes circunstancias:

- Si se va a aplicar con posterioridad a su fecha de vencimiento.

- Si no resulta conforme con al menos una de las exigencias de este Artículo y de las normas ASTM a las cuales hace referencia.

- Si al encontrarse en forma líquida no constituye una solución homogénea.

- Si algún despacho en forma sólida se presenta pegajoso o empastelado.

Cuando se produzca rechazo, el producto deberá ser devuelvo al proveedor para que disponga de él en forma apropiada.

312.5.2.2 Calidad del agua

Si se emplea agua que no sea potable y el Interventor tiene incertidumbres sobre su calidad, solicitará al Constructor que, a su costa, ordene la determinación del pH y el contenido de sulfatos en un laboratorio de reconocida idoneidad. Si los resultados obtenidos no cumplen los valores indicados en el numeral 312.2.22, no se permitirá el empleo de esa agua y se rechazará cualquier tratamiento que se haya realizado con ella. En tal caso, el Constructor deberá escarificar, remover, transportar y verter en un depósito aprobado el material y reponer los agregados y reconstruir el tratamiento, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

312.5.2.3 Calidad del afirmado

Cuando previamente al tratamiento se deba incorporar un material granular de aporte por el motivo indicado en el numeral 312.4.2, la calidad de éste deberá ser tal que, al mezclarlo con el afirmado existente, la mezcla satisfaga los requisitos establecidos para los afirmados en el Artículo 311, numeral 311.2.

Al efecto, se tomarán muestras representativas del material mezclado por el Constructor y el Interventor lo aceptará solamente si satisface todos los requisitos sobre desgaste, solidez, plasticidad y granulometría establecidos en el numeral citado en el párrafo anterior.

312.5.2.4 Calidad del producto terminado

Se considerará como “lote”, que será aceptado o rechazado en su integridad, la menor área que resulte de aplicar los tres (3) siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500 m) de calzada tratada.

- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m^2) de calzada tratada.

- La superficie tratada en un día de trabajo.

La dosificación del producto se comprobará mediante el pesaje de bandejas metálicas u hojas de papel resistente, colocadas durante la aplicación del cloruro en no menos de tres (3) puntos del área considerada como lote.

El Interventor se abstendrá de aceptar áreas tratadas donde la dosificación media del producto difiera en más de quince por ciento (15 %) de la aprobada previamente como resultado de la fase de experimentación. Tampoco se aceptará un lote donde más de un punto de ensayo presente un resultado por fuera del límite citado, ni donde la dosificación del cloruro puro resulte en exceso de 0.8 kg/cm^2. El Interventor determinará las medidas por adoptar cuando se presenten estos incumplimientos.

Los costos de todos los materiales, equipos y operaciones requeridos para la corrección de defectos o excesos en el tratamiento, deberán ser asumidos por el Constructor.

312.6 MEDIDA

Para los efectos del presente Artículo, se aplicarán los siguientes criterios de medida:

- Si el producto para el tratamiento paliativo del polvo ha sido aplicado en forma sólida, la unidad de medida será el kilogramo (kg), aproximado al entero, de cloruro de calcio suministrado y colocado a satisfacción del Interventor.

- Si el producto para el tratamiento paliativo del polvo ha sido aplicado en forma líquida, la unidad de medida será el litro (l), aproximado al entero, de solución de cloruro de calcio suministrada y colocada a satisfacción del Interventor.

En los dos casos, la cantidad aplicada se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje del trabajo, por el ancho autorizado por el Interventor y por la dosificación media autorizada por el Interventor. No se medirá ni pagará ninguna cantidad por fuera de tales límites.

Cuando se haya incorporado agregado pétreo de adición para corregir el afirmado, la unidad de medida de éste será el metro cúbico (m^3), aproximado al entero, de material granular suministrado en estado suelto. Su volumen será determinado por el Interventor con base en el número de viajes de material granular transportado suelto y la capacidad de cada volqueta utilizada.

312.7 FORMA DE PAGO

El pago del tratamiento paliativo del polvo se hará por kilogramo o litro, según si el producto se aplicó en forma sólida o líquida, al respectivo precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado de acuerdo con este Artículo y aceptado a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir la compensación total por el suministro en el lugar de la obra del producto para el tratamiento y su aplicación, las herramientas y equipos necesarios y la correcta ejecución del trabajo contratado.

El precio unitario del tratamiento paliativo del polvo deberá cubrir, además, los costos de todos los permisos y licencias de toda índole que se requieran para la adquisición del producto, su transporte, almacenamiento y uso, así como los costos de la ejecución de la fase de experimentación, los costos de todos los muestreos y ensayos a cargo del Constructor; los costos de la preparación de la superficie existente, incluyendo los que implique la adquisición, extracción, bombeo, transporte, suministro y aplicación del agua requerida.; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos y el período adicional que indica este Artículo o fije el Interventor y, en general, todo costo adicional en el cual se incurra para la realización completa y a satisfacción de los trabajos descritos en el presente Artículo. Solamente se exceptúa el suministro, mezcla y compactación del agregado pétreo de adición, cuando éste se requiera.

El pago del agregado pétreo de adición se hará por metro cúbico al respectivo precio unitario del contrato, por todo agregado suministrado y aceptado a satisfacción por el Interventor. El precio unitario deberá incluir la compensación total por el suministro del agregado pétreo de adición en el lugar de la obra, los equipos necesarios, la mezcla del agregado con el afirmado existente y la compactación de dicha mezcla. También, incluye los costos de todos los permisos y licencias de toda índole que se requieran para la obtención de los materiales; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la colocación del material sobre la vía y su mezcla y compactación con el afirmado existente y, en

general, todo costo adicional en el cual se incurra para la realización completa y a satisfacción de este trabajo.

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

312.8 ÍTEMS DE PAGO

312.1	Tratamiento paliativo de polvo aplicado en forma sólida en hojuelas	Kilogramo (kg)
312.2	Tratamiento paliativo de polvo aplicado en forma sólida en esferas	Kilogramo (kg)
312.3	Tratamiento paliativo de polvo aplicado en forma líquida	Litro (l)
312.4	Material granular de adición	Metro cúbico (m^3)

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

SUB-BASE GRANULAR

ARTÍCULO 320 – 13

320.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, colocación, humedecimiento o aireación, extensión y conformación, compactación y terminado de material de sub-base granular aprobado sobre una superficie preparada, en una o varias capas, de conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos y demás documentos del proyecto o establecidos por el Interventor.

Para los efectos de estas especificaciones, se denomina sub-base granular a la capa o capas granulares localizadas entre la subrasante y la base granular o estabilizada, en todo tipo de pavimento, sin perjuicio de que los documentos del proyecto le señalen otra utilización.

320.2 MATERIALES

320.2.1 Clases de sub-base granular

Se definen tres clases de sub-base granular en función de la calidad de los agregados (clases A, B y C), como se indica en el numeral 320.2.2. Los documentos del proyecto definirán la clase de sub-base granular por utilizar en el proyecto; así mismo, definirán el tipo de granulometría por emplear.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, las clases de sub-base granular se usarán como se indica en la Tabla 320 - 1, en función del nivel de tránsito del proyecto.

Tabla 320 - 1. Uso típico de las diferentes clases de sub-base granular

CLASE DE SUB-BASE GRANULAR	NIVEL DE TRÁNSITO
Clase C	NT1
Clase B	NT2
Clase A	NT3

320.2.2 Requisitos de calidad para los agregados

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

Tabla 320 - 2. Requisitos de los agregados para sub-bases granulares

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	SUB-BASE GRANULAR		
		CLASE C	CLASE B	CLASE A
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones (%)	E-218	50	50	50
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	35	30
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	 12 18	 12 18	 12 18
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%)	E-125	25	25	25
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	6	6	6
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	25	25	25
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%)	E-211	2	2	2
Resistencia del material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días de inmersión, mínimo.	E-148	30	30	40

Tabla 320 - 3. Franjas granulométricas del material de sub-base granular

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
	50.0	37.5	25.0	12.5	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	2"	1 ½"	1"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
	% PASA								
SBG-50	100	70-95	60-90	45-75	40-70	25-55	15-40	6-25	2-15
SBG-38	-	100	75-95	55-85	45-75	30-60	20-45	8-30	2-15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %				6 %			3 %

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el Constructor deberá dar lugar a una curva granulométrica

uniforme y sensiblemente paralela a los límites de la franja, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de un tamiz adyacente y viceversa.

Dentro de la franja elegida, el Constructor propondrá al Interventor una "Fórmula de Trabajo" a la cual se deberá ajustar durante la construcción de la capa, con las tolerancias que se indican en la Tabla 320 - 3, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada.

Además, la relación entre el porcentaje que pasa el tamiz de 75 µm (No. 200) y el porcentaje que pasa el tamiz de 425 µm (No. 40), no deberá exceder de 2/3 y el tamaño máximo nominal no deberá exceder de 1/3 del espesor de la capa compactada.

320.3 EQUIPO

Al respecto, rigen las condiciones generales que se indican en el numeral 300.3 del Artículo 300, "Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases y bases granulares y estabilizadas". Para la construcción de la sub-base granular se requieren equipos para la explotación de los materiales, eventualmente una planta de trituración, una unidad clasificadora y, de ser necesario, un equipo de lavado. Además, equipos para mezclado, cargue, transporte, extensión, humedecimiento y compactación del material, así como herramientas menores.

320.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

320.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo indicado en el numeral 300.4.1 del Artículo 300.

320.4.2 Preparación de la superficie existente

El Interventor sólo autorizará la colocación de material de sub-base granular cuando la superficie sobre la cual se debe asentar tenga la compactación apropiada y las cotas y secciones indicadas en los planos o definidas por él, con las tolerancias establecidas. Además, deberá estar concluida la construcción de las cunetas, desagües y filtros necesarios para el drenaje de la calzada.

Si en la superficie de apoyo existen irregularidades que excedan las tolerancias determinadas en la especificación de la capa de la cual forma

parte, de acuerdo con lo que se prescribe en la unidad de obra correspondiente, el Constructor hará las correcciones necesarias, a satisfacción del Interventor.

320.4.3 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 300.4.2 del Artículo 300.

320.4.4 Transporte y almacenamiento del material

El transporte y el almacenamiento de materiales deberán cumplir lo establecido en los numerales 300.4.5 y 300.4.3 de Artículo 300.

320.4.5 Extensión y conformación del material

El material se deberá disponer en un cordón de sección uniforme donde el Interventor verificará su homogeneidad. Si la capa de sub-base granular se va a construir mediante la combinación de dos (2) o más materiales, éstos se deberán mezclar en un patio fuera de la vía, por cuanto su mezcla dentro del área del proyecto no está permitida. En caso de que sea necesario humedecer o airear el material para lograr la humedad óptima de compactación, el Constructor empleará el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje el material con una humedad uniforme. Éste, después de humedecido o aireado, se extenderá en todo el ancho previsto en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y el grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de experimentación.

En todo caso, la cantidad de material extendido deberá ser tal, que el espesor de la capa compactada no resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor de sub-base compactada por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se deberá colocar en dos o más capas, procurándose que el espesor de ellas sea sensiblemente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm). El material extendido deberá mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes. El Interventor no permitirá la colocación de la capa siguiente, antes de verificar y aprobar la compactación de la precedente.

En operaciones de bacheo o en aplicaciones en áreas reducidas, el Constructor propondrá al Interventor los métodos de extensión que garanticen la uniformidad y la calidad de la capa.

320.4.6 Compactación

Una vez que el material extendido de la sub-base granular tenga la humedad apropiada, se conformará ajustándose razonablemente a los alineamientos y secciones típicas del proyecto y se compactará con el equipo aprobado por el Interventor, hasta alcanzar la densidad seca especificada.

Aquellas zonas que por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan la utilización del equipo que normalmente se utiliza, se compactarán por los medios adecuados para el caso, en tal forma que la densidad seca que se alcance no sea inferior a la obtenida en el resto de la capa.

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

320.4.7 Construcción de la sub-base granular sobre un afirmado existente

Si el proyecto contempla que el afirmado existente forme parte de la capa de sub-base granular, aquel se deberá escarificar en una profundidad de cien milímetros (100 mm) o la que especifiquen los documentos del proyecto o indique el Interventor, y se conformará y compactará de manera de obtener el mismo nivel de compactación exigido a la sub-base granular, en un espesor de ciento cincuenta milímetros (150 mm).

Si el espesor del afirmado es menor de cien milímetros (100 mm), el Interventor podrá autorizar que el material de sub-base granular se mezcle con el del afirmado, previa la escarificación de éste. En todo caso, se deberán respetar los espesores de capa mencionados en el numeral 320.4.5.

320.4.8 Apertura al tránsito

Sobre las capas en ejecución se prohibirá la acción de todo tipo de tránsito mientras no se haya completado la compactación. Si ello no es factible, el tránsito que necesariamente deba pasar sobre ellas, se distribuirá de forma que no se concentren ahuellamientos sobre la superficie. El Constructor deberá responder por los daños producidos por

esta causa, debiendo proceder a la reparación de los mismos con arreglo a las indicaciones del Interventor.

320.4.9 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la extensión de ninguna capa de material de sub-base granular mientras no haya sido realizada la nivelación y comprobación del grado de compactación de la capa precedente. Tampoco se podrá ejecutar la sub-base granular en momentos en que haya lluvia o fundado temor que ella ocurra, ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a dos grados Celsius (2° C).

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

320.4.10 Bacheos

Las excavaciones para la reparación de un pavimento asfáltico existente de estructura convencional (capas asfálticas densas, base granular y sub-base granular), cuya profundidad sea superior a trescientos milímetros (300 mm) se deberán rellenar con material de sub-base granular desde el fondo de la excavación hasta una profundidad de doscientos cincuenta milímetros (250 mm) por debajo de la rasante existente, material que deberá ser compactado con el equipo adecuado hasta alcanzar la densidad seca especificada.

Teniendo en cuenta que algunos pavimentos asfálticos de la red vial nacional tienen estructuras muy gruesas y complejas, debido a que han sido sometidos a varias intervenciones de rehabilitación, el eventual uso de materiales de sub-base granular en las operaciones de bacheo en ellos se deberá definir en los documentos del respectivo proyecto, o, en su defecto, será establecido por el Interventor.

320.4.11 Conservación

El Constructor deberá conservar la capa de sub-base granular en las condiciones en las cuales le fue aceptada por el Interventor hasta el

momento de ser recubierta por la capa inmediatamente superior, aun cuando aquella sea librada parcial o totalmente al tránsito público. Durante dicho lapso, el Constructor deberá reparar, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, todos los daños que se produzcan en la sub-base granular y restablecer el mismo estado en el cual ella se aceptó.

320.4.12 Manejo ambiental

Rige lo indicado en el numeral 300.4.8 del Artículo 300.

320.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

320.5.1 Controles

Rige lo indicado en el numeral 300.5.1 del Artículo 300.

320.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

320.5.2.1 Calidad de los agregados

320.5.2.1.1 Control de procedencia

De cada fuente de agregados pétreos y para cualquier volumen previsto se tomarán cuatro (4) muestras representativas para realizar los ensayos especificados en la Tabla 320 - 2. Los resultados de ellos deberán satisfacer las exigencias indicadas en dicha tabla, so pena del rechazo de los materiales deficientes.

Durante esta etapa, el Interventor deberá comprobar, además, que el material del descapote de la fuente sea retirado correctamente y que todas las vetas de material granular inadecuado sean descartadas.

320.5.2.1.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. Así mismo, se

ordenará que se acopien por aparte aquellos que presenten una anomalía evidente de aspecto, como distinta coloración, plasticidad o segregación.

Al material ya colocado en la vía se le realizarán controles con la frecuencia que se indica en la Tabla 320 - 4.

Tabla 320 - 4. Verificaciones periódicas de la calidad del material de sub-base granular

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Granulometría	E-123	Una(1) vez por jornada
Límite líquido	E-125	Una(1) vez por jornada
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	Una(1) vez por jornada
Equivalente de arena	E-133	Una(1) vez por semana
Ensayo modificado de compactación	E-142	Una(1) vez por semana

El Interventor podrá reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 320 - 4, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En el caso de mezcla de dos (2) o más materiales, los controles se realizarán sobre el material mezclado y con la fórmula de trabajo aprobada para el proyecto.

Cuando el Interventor considere que las características del material que está siendo explotado en una fuente han cambiado, se deberán repetir todos los ensayos especificados en la Tabla 320 - 2 y adoptar los correctivos que sean necesarios.

No se permitirá el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos de calidad indicados en el numeral 320.2.2.

En la eventualidad de que el resultado de alguna prueba sea insatisfactorio, se tomarán dos (2) muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

320.5.2.1.3 Conservación de las propiedades de los agregados

Los agregados no deberán sufrir una degradación excesiva con motivo de su manejo y compactación en obra. Para verificarlo, cada semana se tomarán muestras representativas del material colocado y compactado durante la semana previa, las cuales se someterán a los ensayos que se indican en la Tabla 320 - 5. Los resultados de estos ensayos deberán satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 320.2.2. Si no las cumplen, se suspenderá inmediatamente el empleo del material y se delimitará el área donde se haya utilizado, la cual deberá ser demolida y reconstruida por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, empleando un material de sub-base granular apropiado y que conserve sus propiedades según se especifica en este numeral.

Tabla 320 - 5. Ensayos para verificar la conservación de las propiedades de los agregados

CARACTERÍSTICA	Norma de ensayo INV
Granulometría	E-123
Límite líquido	E-125
Índice de plasticidad	E-125 y E-126
Equivalente de arena	E-133

320.5.2.2 Calidad del producto terminado

320.5.2.2.1 Terminado

La capa de sub-base granular terminada deberá presentar una superficie uniforme, sin agrietamientos, baches, laminaciones ni segregaciones. Si el Interventor considera que es

necesario realizar correcciones por este concepto, delimitará el área afectada y el Constructor deberá escarificarla en un espesor de cien milímetros (100 mm) y, después de efectuar las correcciones necesarias, mezclará y compactará de nuevo hasta que tanto el área delimitada como las adyacentes cumplan todos los requisitos exigidos en el presente Artículo.

La capa de sub-base granular terminada se deberá ajustar a las rasantes y a las pendientes establecidas en los documentos del proyecto, sin que existan zonas donde se retenga el agua superficial. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la berma no será inferior a la señalada en los planos o la definida por el Interventor. Las variaciones de las cotas, respecto de las establecidas en el proyecto, no podrán exceder de + 0.0 mm y - 20.0 mm.

Si se detectan zonas con un nivel inferior a la tolerancia indicada, ellas se deberán escarificar en un espesor mínimo de cien milímetros (100 mm), para enseguida agregar material de sub-base, humedecer, mezclar, recompactar y terminar la superficie hasta lograr la densidad seca y las cotas exigidas por la presente especificación. Alternativamente, el Interventor las podrá aceptar, siempre que el Constructor se comprometa, por escrito, a compensar la merma con el espesor adicional necesario de la capa superior, sin que ello implique ningún incremento en los costos para el Instituto Nacional de Vías.

Las áreas que presenten un nivel superior a la tolerancia especificada deberán ser rebajadas, humedecidas, compactadas y terminadas nuevamente, hasta cumplir con las cotas y el espesor establecido en los documentos del proyecto y con las exigencias de la presente especificación.

320.5.2.2.2 Compactación

Para efectos del control, se considerará como "lote" que se aceptará o rechazará en bloque, la menor

área construida que resulte de los siguientes criterios:

– Quinientos metros lineales (500 m) de capa compactada en el ancho total de la sub-base granular.

– Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m^2) de sub-base granular compactada.

– La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

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

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

– Material sin sobretamaños:

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

– Material con sobretamaños:

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

Siendo:

GCi: Valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

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

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

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

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

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

Para la aceptación del lote se aplicarán los siguientes criterios:

GC_l (90) ≥ 95.0 %	se acepta el lote	[320.3]

GC_l (90) < 95.0 %	se rechaza el lote	[320.4]

Siendo:

$GC_l(90)$: Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90%, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del Artículo 107, "Control y aceptación de los trabajos", a partir de los valores individuales del grado de compactación GC_i.

Las verificaciones de compactación se deberán efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

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

320.5.2.2.3 Espesor

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

$e_m \geq e_d$	[320.5]

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, cuando menos, igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d), admitiéndose sólo un (1) valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando este valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.90\ e_d \qquad [320.6]$$

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

Si el espesor medio resulta inferior al espesor de diseño, pero ningún valor individual es inferior al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño, el Interventor podrá admitir el espesor construido, siempre que el Constructor se comprometa, por escrito, a compensar la merma con el espesor adicional necesario de la capa superior, sin que ello implique ningún incremento en los costos para el Instituto Nacional de Vías. Si el Constructor no suscribe este compromiso, se procederá como en el párrafo anterior.

320.5.2.2.4 Planicidad

Se comprobará la uniformidad de la superficie de la obra ejecutada mediante la regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793, en todos los sitios que el Interventor considere conveniente; la regla se colocará tanto paralela como normalmente al eje de la vía y no se admitirán variaciones superiores a veinte milímetros (20 mm) para cualquier punto que no esté afectado por un cambio de pendiente. Cualquier área donde se detecten irregularidades que excedan esta tolerancia será delimitada por el Interventor, y el Constructor deberá corregirla con reducción o adición de material en capas de poco espesor, en cuyo caso, para asegurar buena adherencia, será obligatorio escarificar la capa existente y compactar nuevamente la zona afectada, hasta alcanzar los niveles de compactación exigidos en el presente Artículo.

320.5.2.2.5 Zonas de bacheos

En las zonas de bacheos se deberán satisfacer las mismas exigencias de terminado, compactación, espesor y planicidad incluidas en este numeral, pero queda a juicio del Interventor la decisión sobre la frecuencia de las pruebas, la cual dependerá del tamaño de las áreas tratadas.

320.5.2.2.6 Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al Constructor

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa de sub-base granular por modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al Constructor, el Interventor delimitará el área afectada y ordenará las correcciones necesarias, por cuyo trabajo autorizará el pago al Constructor, al respectivo precio unitario del contrato.

320.6 MEDIDA

La sub-base granular se medirá según lo descrito en el numeral 300.6.1 del Artículo 300. En el caso de bacheos con material granular de sub-base, se aplicará lo descrito en el numeral 300.6.2 del mismo Artículo.

320.7 FORMA DE PAGO

La sub-base granular se pagará según lo que sea aplicable del numeral 300.7 del Artículo 300.

320.8 ÍTEM DE PAGO

320.1	Sub-base granular clase A	Metro cúbico (m^3)
320.2	Sub-base granular clase B	Metro cúbico (m^3)
320.3	Sub-base granular clase C	Metro cúbico (m^3)

320.4	Sub-base granular para bacheo clase A	Metro cúbico (m^3)
320.5	Sub-base granular para bacheo clase B	Metro cúbico (m^3)
320.6	Sub-base granular para bacheo clase C	Metro cúbico (m^3)

BASE GRANULAR

ARTÍCULO 330 – 13

330.1 DESCRIPCIÓN

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

330.2 MATERIALES

330.2.1 Clases de base granular

Se definen tres clases de base granular en función de la calidad de los agregados (clases A, B y C), como se indica en la Tabla 330 - 2. Los documentos del proyecto definirán la clase de base granular por utilizar en el proyecto; así mismo, definirán el tipo de granulometría por emplear.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, las clases de base granular se usarán como se indica en la Tabla 330 - 1, en función del nivel de tránsito del proyecto.

Tabla 330 - 1. Uso típico de las diferentes clases de base granular

CLASE DE BASE GRANULAR	NIVEL DE TRÁNSITO
Clase C	NT1
Clase B	NT2
Clase A	NT3

Los agregados para la construcción de la base granular deberán satisfacer los requisitos de calidad indicados en la Tabla 330 - 2. Además, se deberán ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la Tabla 330 - 3; salvo que los documentos del proyecto indiquen otra cosa,

para niveles de tránsito NT-3 se usarán bases granulares de gradación gruesa.

330.2.2 Requisitos de calidad para los agregados

Tabla 330 - 2. Requisitos de los agregados para bases granulares

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	BASE GRANULAR		
		CLASE C	CLASE B	CLASE A
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones - 100 revoluciones	E-218	 40 8	 40 8	 35 7
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	30	25
Evaluación de la resistencia mecánica por el método del 10 % de finos - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínimo (%)	E-224	 - -	 70 75	 90 75
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	 12 18	 12 18	 12 18
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%)	E-125	25	-	-
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	3	0	0
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	30	30	30
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 1)	E-235	10	10	10
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%)	E-211	2	2	2
Geometría de las Partículas (F)				
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%)	E-230	35	35	35
Caras fracturadas, mínimo (%) - Una cara - Dos caras	E-227	 50 -	 70 50	 100 70
Angularidad de la fracción fina, mínimo (%)	E-239	-	35	35
Resistencia del material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al grado de compactación mínimo especificado (numeral 330.5.2.2.2); el CBR se medirá sobre muestras sometidas previamente a cuatro días de inmersión.	E-148	≥ 80	≥ 80	≥ 95

Nota 1: El ensayo de Valor de azul de metileno solo será exigido cuando el equivalente de arena del material de base granular sea inferior a treinta (30), pero igual o superior a veinticinco (25)

Tabla 330 - 3. Franjas granulométricas del material de base granular

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	1 ½"	1"	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
	% PASA							
BASES GRANULARES DE GRACACIÓN GRUESA								
BG-40	100	75-100	65-90	45-68	30-50	15-32	7-20	0-9
BG-27	-	100	75-100	52-78	35-59	20-40	8-22	0-9
BASES GRANULARES DE GRADACIÓN FINA								
BG-38	100	70-100	60-90	45-75	30-60	20-45	10-30	5-15
BG-25	-	100	70-100	50-80	35-65	20-45	10-30	5-15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %			6 %			3 %

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

Dentro de la franja elegida, el Constructor propondrá al Interventor una "Fórmula de Trabajo" a la cual se deberá ajustar durante la construcción de la capa, con las tolerancias que se indican en la Tabla 330 - 3, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada.

Además, la relación entre el porcentaje que pasa el tamiz de 75 µm (No. 200) y el porcentaje que pasa el tamiz de 425 µm (No. 40), no deberá exceder de 2/3 y el tamaño máximo nominal no deberá exceder de 1/3 del espesor de la capa compactada.

330.3 EQUIPO

Al respecto, rigen las condiciones generales que se indican en el numeral 300.3 del Artículo 300, "Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases granulares y bases granulares y estabilizadas". Para la construcción de la base granular se requieren equipos para la explotación de los materiales, una planta de trituración, una unidad clasificadora y, de ser necesario, un equipo de lavado. Además, equipos para mezclado, cargue, transporte, extensión, humedecimiento y compactación del material, así como herramientas menores.

330.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

330.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo indicado en el numeral 300.4.1 del Artículo 300.

330.4.2 Preparación de la superficie existente

El Interventor sólo autorizará la colocación de material de base granular cuando la superficie sobre la cual se debe asentar tenga la compactación apropiada y las cotas y secciones indicadas en los planos o definidas por él, con las tolerancias establecidas. Además, deberá estar concluida la construcción de las cunetas, desagües y filtros necesarios para el drenaje de la calzada.

Si en la superficie de apoyo existen irregularidades que excedan las tolerancias determinadas en la especificación de la capa de la cual forma parte, de acuerdo con lo que se prescribe en la unidad de obra correspondiente, el Constructor hará las correcciones necesarias, a satisfacción del Interventor.

330.4.3 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 300.4.2 del Artículo 300.

330.4.4 Transporte y almacenamiento del material

El transporte y el almacenamiento de materiales deberán cumplir lo establecido en los numerales 300.4.5 y 300.4.3 de Artículo 300.

330.4.5 Extensión y conformación del material

El material se deberá disponer en un cordón de sección uniforme donde el Interventor verificará su homogeneidad. Si la capa de base granular se va a construir mediante la combinación de dos (2) o más materiales, éstos se deberán mezclar en un patio fuera de la vía, por cuanto su mezcla dentro del área del proyecto no está permitida. En caso de que sea necesario humedecer o airear el material para lograr la humedad óptima de compactación, el Constructor empleará el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje el material con una humedad uniforme. Éste, después de humedecido o aireado, se extenderá en todo el ancho previsto en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y el grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de experimentación.

En todo caso, la cantidad de material extendido deberá ser tal, que el espesor de la capa compactada no resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor de base compactada por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se deberá colocar en dos o más capas, procurándose que el espesor de ellas sea sensiblemente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm). El material extendido deberá mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes. El Interventor no permitirá la colocación de la capa siguiente, antes de verificar y aprobar la compactación de la precedente.

En operaciones de bacheo o en aplicaciones en áreas reducidas, el Constructor propondrá al Interventor los métodos de extensión que garanticen la uniformidad y calidad de la capa.

330.4.6 Compactación

Una vez que el material extendido de la base granular tenga la humedad apropiada, se conformará ajustándose a los alineamientos y secciones típicas del proyecto y se compactará con el equipo aprobado por el Interventor, hasta alcanzar la densidad seca especificada.

Aquellas zonas que por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan la utilización del equipo que normalmente se utiliza, se compactarán por los medios adecuados para el

caso, en tal forma que la densidad seca que se alcance no sea inferior a la obtenida en el resto de la capa.

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

330.4.7 Apertura al tránsito

Sobre las capas en ejecución se prohibirá la acción de todo tipo de tránsito mientras no se haya completado la compactación. Si ello no es factible, el tránsito que necesariamente deba pasar sobre ellas, se distribuirá de forma que no se concentren ahuellamientos sobre la superficie. El Constructor deberá responder por los daños producidos por esta causa, debiendo proceder a la reparación de los mismos con arreglo a las indicaciones del Interventor.

330.4.8 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la extensión de ninguna capa de material de base granular mientras no haya sido realizada la nivelación y comprobación del grado de compactación de la capa precedente. Tampoco se podrá ejecutar la base granular en momentos en que haya lluvia o fundado temor que ella ocurra, ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a dos grados Celsius (2° C).

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

330.4.9 Bacheos

En las excavaciones para reparación de un pavimento existente de estructura convencional (capas asfálticas densas, base granular y sub-base granular) que tengan una profundidad superior a trescientos milímetros (300 mm), se empleará material de base granular para su relleno por encima de la sub-base granular descrita en el numeral 320.4.10 del Artículo 320, "Sub-base granular", y hasta una profundidad de setenta y cinco milímetros (75 mm) por debajo de la rasante existente.

Si la excavación tiene una profundidad mayor de ciento cincuenta milímetros y menor o igual a trescientos milímetros (> 150 y $\leq$300 mm), ella se rellenará con material de base granular hasta setenta y cinco milímetros (75 mm) por debajo de la rasante existente.

En las excavaciones para reparación del pavimento existente cuya profundidad sea menor o igual a ciento cincuenta milímetros ($\leq$150 mm), no se empleará material de base granular en su relleno.

El material de base granular colocado en estos rellenos deberá ser compactado hasta alcanzar la densidad seca especificada.

Teniendo en cuenta que algunos pavimentos asfálticos de la Red Vial Nacional tienen estructuras no convencionales, muy gruesas y complejas, debido a que han sido sometidas a varias intervenciones de rehabilitación, el eventual uso de materiales de base granular en las operaciones de bacheo en ellos y las respectivas profundidades de colocación, se deberán definir en los documentos del respectivo proyecto o, en su defecto, serán establecidos por el Interventor.

330.4.10 Conservación

El Constructor deberá conservar la capa de base granular en las condiciones en las cuales le fue aceptada por el Interventor, hasta el momento de ser recubierta por la capa inmediatamente superior, aun cuando aquella sea librada parcial o totalmente al tránsito público. Durante dicho lapso, el Constructor deberá reparar, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, todos los daños que se produzcan en la base granular y restablecer el mismo estado en el cual ella se aceptó.

330.4.11 Manejo ambiental

Rige lo indicado en el numeral 300.4.8 del Artículo 300.

330.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

330.5.1 Controles

Rige lo indicado en el numeral 300.5.1 del Artículo 300.

330.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

330.5.2.1 Calidad de los agregados

330.5.2.1.1 Control de procedencia

De cada fuente de agregados pétreos y para cualquier volumen previsto se tomarán cuatro (4) muestras representativas para realizar los ensayos especificados en la Tabla 330 - 2. Los resultados de ellos deberán satisfacer las exigencias indicadas en dicha tabla, so pena del rechazo de los materiales deficientes.

El ensayo para determinar el valor de azul de metileno sobre el agregado combinado sólo será necesario si el valor del equivalente de arena es inferior a treinta por ciento (30 %), pero es igual o superior a veinticinco por ciento (25 %).

Durante esta etapa, el Interventor deberá comprobar, además, que el material del descapote de la fuente sea retirado correctamente y que todas las vetas de material granular inadecuado sean descartadas.

330.5.2.1.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. Así mismo, se ordenará que se acopien por aparte aquellos que presenten una anomalía evidente de aspecto, como distinta coloración, plasticidad o segregación.

Al material ya colocado en la vía se le realizarán controles con la frecuencia que se indica en la Tabla 330 - 4.

Tabla 330 - 4. Verificaciones periódicas de la calidad del material de base granular

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Granulometría	E-123	Una(1) vez por jornada
Límite líquido	E-125	Una(1) vez por jornada
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	Una(1) vez por jornada
Equivalente de arena	E-133	Una(1) vez por semana
Valor de azul (si aplica)	E-235	Una(1) vez por semana
Ensayo modificado de compactación	E-142	Una(1) vez por semana

El Interventor podrá reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 330 - 4, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En el caso de mezcla de dos (2) o más materiales, los controles se realizarán sobre el material mezclado y con la fórmula de trabajo aprobada para el proyecto.

Cuando el Interventor considere que las características del material que está siendo explotado en una fuente han cambiado, se deberán repetir todos los ensayos especificados en la Tabla 330 - 2 y adoptar los correctivos que sean necesarios.

No se permitirá el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos de calidad indicados en el numeral 330.2.2.

En la eventualidad de que el resultado de alguna prueba sea insatisfactorio, se tomarán dos (2) muestras adicionales del material y se repetirá la

prueba. Los resultados de ambos ensayos deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

330.5.2.1.3 Conservación de las propiedades de los agregados

Los agregados no deberán sufrir una degradación excesiva con motivo de su manejo y compactación en obra. Para verificarlo, cada semana se tomarán muestras representativas del material colocado y compactado durante la semana previa, las cuales se someterán a los ensayos que se indican en la Tabla 330 - 5. Los resultados de estos ensayos deberán satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 330.2.2. Si no las cumplen, se suspenderá inmediatamente el empleo del material y se delimitará el área donde se haya utilizado, la cual deberá ser demolida y reconstruida por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, empleando un material de base granular apropiado y que conserve sus propiedades según se especifica en el presente inciso.

Tabla 330 - 5. Ensayos para verificar la conservación de las propiedades de los agregados

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV
Granulometría	E-123
Límite líquido	E-125
Índice de plasticidad	E-125 y E-126
Equivalente de arena	E-133

330.5.2.2 Calidad del producto terminado

330.5.2.2.1 Terminado

La capa de base granular terminada deberá presentar una superficie uniforme, sin agrietamientos, baches, laminaciones ni segregaciones; al ser barrida, la superficie deberá presentar una alta consolidación, con el agregado grueso expuesto y firmemente confinado por la

matriz de agregado más fino. La matriz de agregado fino no deberá desplazarse bajo la acción del barrido o del tránsito normal.

Si el Interventor considera que es necesario realizar correcciones por este concepto, delimitará el área afectada y el Constructor deberá escarificarla en un espesor de cien milímetros (100 mm) y, después de efectuar las correcciones necesarias, mezclará y compactará de nuevo hasta que tanto el área delimitada como las adyacentes cumplan todos los requisitos exigidos en el presente Artículo.

La capa de base granular terminada se deberá ajustar a las rasantes y a las pendientes establecidas en los documentos del proyecto, sin que existan zonas donde se retenga el agua superficial. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la berma no será inferior a la señalada en los planos o la definida por el Interventor. Las variaciones de las cotas, respecto de las establecidas en el proyecto, no podrán exceder de + 0.0 mm y - 10.0 mm.

Si se detectan zonas con un nivel inferior a la tolerancia indicada, ellas se deberán escarificar en un espesor mínimo de cien milímetros (100 mm), para enseguida agregar material de base, humedecer, mezclar, recompactar y terminar la superficie hasta lograr la densidad seca y las cotas exigidas por la presente especificación. Alternativamente, el Interventor las podrá aceptar, siempre que el Constructor se comprometa, por escrito, a compensar la merma con el espesor adicional necesario de la capa superior, sin que ello implique ningún incremento en los costos para el Instituto Nacional de Vías.

Las áreas que presenten un nivel superior a la tolerancia especificada deberán ser rebajadas, humedecidas, compactadas y terminadas nuevamente, hasta cumplir con las cotas y el

espesor establecido en los documentos del proyecto y con las exigencias de la presente especificación.

330.5.2.2.2 Compactación

Para efectos del control, se considerará como "lote" que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios:

– Quinientos metros lineales (500 m) de capa compactada en el ancho total de la base granular.

– Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m^2) de base granular compactada.

– La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

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

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

– Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,máx}} \times 100 \qquad [330.1]$$

– Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,máx}} \times 100 \qquad [330.2]$$

Siendo:

GCi: Valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

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

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

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

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

El peso unitario seco máximo corregido del material ($C\gamma_{d,máx}$) que se use para calcular el grado de compactación individual GC_i se obtendrá, para cada

sitio, a partir del contenido de sobretamaños, $P_{FG,}$ presente en ese sitio.

Para la aceptación del lote se aplicarán los siguientes criterios:

GC_l (90) ≥ 98.0 % y GC_i mínimo ≥ 95.0 %		se acepta el lote	[330.3]
GC_l (90) < 98.0 % o GC_i mínimo < 95.0 %		se rechaza el lote	[330.4]

Siendo:

GCi: Valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

GC_l(90): Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90%, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del Artículo 107, "Control y aceptación de los trabajos", a partir de los valores individuales del grado de compactación GC_i.

Las verificaciones de compactación se deberán efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

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

330.5.2.2.3 Espesor

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

$$e_m \geq e_d \qquad [330.5]$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, cuando menos igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d), admitiéndose sólo un (1) valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando este valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.90\ e_d \qquad [330.6]$$

Si se incumple alguno de estos requisitos, el Constructor deberá escarificar la capa en un espesor mínimo de cien milímetros (100 mm), añadir el material necesario de las mismas características y recompactar y terminar la capa conforme lo exige el presente Artículo.

Si el espesor medio resulta inferior al espesor de diseño, pero ningún valor individual es inferior al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño, el Interventor podrá admitir el espesor construido, siempre que el Constructor se comprometa, por escrito, a compensar la merma con el espesor adicional necesario de la capa superior, sin que ello implique ningún incremento en los costos para el Instituto Nacional de Vías. Si el Constructor no suscribe este compromiso, se procederá como en el párrafo anterior.

330.5.2.2.4 Planicidad

Se comprobará la uniformidad de la superficie de la obra ejecutada mediante la regla de tres metros (3 m), según norma de ensayo INV E-793, en todos los sitios que el Interventor lo considere conveniente; la regla se colocará tanto paralela como normalmente al eje de la vía y no se admitirán variaciones superiores a diez milímetros (10 mm), para cualquier punto que no esté afectado por un cambio de pendiente. Cualquier área donde se detecten irregularidades que excedan esta tolerancia será delimitada por el Interventor, y el Constructor deberá corregirla con reducción o adición de material en capas de poco espesor, en cuyo caso, para asegurar buena adherencia, será obligatorio escarificar la capa existente y compactar nuevamente la zona afectada, hasta alcanzar los niveles de compactación exigidos en el presente Artículo.

330.5.2.2.5 Zonas de bacheos

En las zonas de bacheos se deberán satisfacer las mismas exigencias de terminado, compactación, espesor y planicidad incluidas en este numeral, pero queda a juicio del Interventor la decisión sobre la frecuencia de las pruebas, la cual dependerá del tamaño de las áreas tratadas.

330.5.2.2.6 Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al Constructor

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa de base granular por modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al Constructor, el Interventor delimitará el área afectada y ordenará las correcciones necesarias, por cuyo trabajo autorizará el pago al Constructor, al respectivo precio unitario del contrato.

330.6 MEDIDA

La base granular se medirá según lo descrito en el numeral 300.6.1 del Artículo 300. En el caso de bacheos con material granular de base, se aplicará lo descrito en el numeral 300.6.2 del mismo Artículo.

330.7 FORMA DE PAGO

La base granular se pagará según lo que sea aplicable del numeral 300.7 del Artículo 300.

330.8 ÍTEMS DE PAGO

330.1	Base granular clase A	Metro cúbico (m^3)
330.2	Base granular clase B	Metro cúbico (m^3)
330.3	Base granular clase C	Metro cúbico (m^3)
330.4	Base granular para bacheo clase A	Metro cúbico (m^3)
330.5	Base granular para bacheo clase B	Metro cúbico (m^3)
330.6	Base granular para bacheo clase C	Metro cúbico (m^3)

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

BASE ESTABILIZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA

ARTÍCULO 340 – 13

340.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la construcción de una base estabilizada con emulsión asfáltica, de acuerdo con los alineamientos y secciones indicados en los documentos del proyecto o autorizados por el Interventor. El material por estabilizar puede ser aquel que resulta al escarificar una capa superficial existente, un material que se adiciona o una mezcla de ambos.

340.2 MATERIALES

340.2.1 Agregados y suelos

Los materiales por estabilizar podrán ser agregados pétreos o suelos naturales, cuyas características básicas se indican a continuación. Los agregados pétreos podrán ser utilizados en la construcción de bases estabilizadas para todo tipo de tránsito, en tanto que los suelos sólo se podrán emplear en la construcción de bases estabilizadas en proyectos con nivel de tránsito NT1.

340.2.1.1 Agregados pétreos

Los agregados susceptibles de estabilizar con emulsión asfáltica podrán provenir de la trituración de piedra de cantera o de grava, de fuentes de grava natural o estar constituidos por una mezcla de ambos. Independientemente de su procedencia, los agregados deberán estar exentos de materia orgánica, terrones de arcilla o cualquier otra sustancia que pueda resultar ambientalmente nociva o inconveniente para el buen comportamiento de la capa estabilizada.

El agregado pétreo por estabilizar deberá presentar una gradación que se ajuste a alguna de las franjas señaladas en la Tabla 340 - 1. La gradación por emplear se indicará en los documentos técnicos del proyecto.

Tabla 340 - 1. Franjas granulométricas de los agregados para construcción de bases estabilizadas con emulsión asfáltica

TIPO DE MATERIAL	TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
	37.5	25.0	12.5	9.5	4.75	2.36	0.425	0.150	0.075
	1 ½"	1"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 8	No. 40	No. 100	No. 200
	% PASA								
BEE-38	100	70-100	50-80	45-75	30-60	20-45	10-27	5-18	3-15
BEE-25	-	100	60-90	50-80	30-60	20-45	10-27	5-18	3-15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de Trabajo (±)	5 %							3 %	

En adición a los requisitos de granulometría de la Tabla 340 - 1, la relación de polvo [% pasa tamiz 75 µm (No. 200) / % pasa tamiz 425 µm (No. 40)] no deberá exceder de 2/3. Además, el producto del porcentaje que pasa el tamiz de 75 µm (No. 200) del agregado combinado por su índice de plasticidad, no podrá ser mayor de setenta y dos (72).

Además, los agregados deberán cumplir los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 340 - 2.

Tabla 340 – 2.Requisitos de los agregados pétreos para la construcción de bases estabilizadas con emulsión asfáltica

CARACTERÍSTICA	Norma de ensayo INV	REQUISITO
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles, gradación A, máximo (%) - 500 revoluciones - 100 revoluciones	E-218	 50 10
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%) (Nota 1)	E-238	45
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos (tránsitos NT2 y NT3) - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínimo (%)	E-224	 30 50
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, máximo (%)	E-220	18

CARACTERÍSTICA	Norma de ensayo INV	REQUISITO
Limpieza, gradación combinada (F)		
Límite líquido, máximo (%)	E-125	35
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	7
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	20
Terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%)	E-211	2
Capacidad de soporte (F)		
CBR del material sin emulsión asfáltica (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días de inmersión, mínimo.	E - 148	20

Nota 1: este requisito no es necesario para obras con tránsito NT1

340.2.1.2 Suelos granulares

Para la construcción de bases estabilizadas con emulsión en proyectos de tránsito NT1, se podrán emplear suelos granulares que sean pulverizables o disgregables económicamente, que se encuentren exentos de cantidades perjudiciales de materia orgánica, arcilla plástica, materiales micáceos y cualquier otra sustancia objetable.

Sus requisitos básicos de calidad son los indicados en la Tabla 340 - 3.

Tabla 340-3.Requisitos de los suelos granulares aptos para la construcción de bases estabilizadas con emulsión asfáltica

CARÁCTERÍSTICA	Norma de ensayo INV	REQUISITO
Tipo de suelo (F)		
Clasificación según el sistema AASHTO	E-180	A-1-b o A-2-4
Limpieza, gradación combinada (F)		
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	7
Equivalente de arena - Suelos A-1-b, mínimo (%) - Suelos A-2-4, intervalo admisible (%)	E-133	 $\geq$ 90 20 - 40
Terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%)	E-211	2
Capacidad de soporte (F)		
CBR del material sin emulsión asfáltica (%): porcentaje asociado al 90 % de la densidad seca correspondiente al ensayo modificado de compactación (norma INV E-142), medido en una muestra sometida a cuatro días de	E – 148	15

inmersión, mínimo.		

La granulometría del material pulverizado, listo para estabilizar, se deberá ajustar a los límites señalados en la Tabla 340 - 4.

Tabla 340 – 4.Gradación de suelos granulares para la construcción de bases estabilizadas con emulsión asfáltica

TIPO DE MATERIAL	TAMIZ (mm / U.S. Standard)	
	4.75	0.075
	No. 4	No. 200
	% PASA	
BEE-5	100	5 - 25

340.2.2 Material bituminoso

Será una emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta, que corresponda a los tipos CRL-1 o CRL-1h, que cumpla los requisitos de calidad establecidos en el Artículo 411, “Suministro de emulsión asfáltica”.

340.2.3 Puzolanas

Se consideran como tales, algunos llenantes comerciales que complementan la acción del ligante asfáltico en cuanto a su reactividad. Los más utilizados son el cemento hidráulico, la cal hidratada y las cenizas volantes, cuyas características se deberán establecer en una especificación particular.

Si los llenantes son adicionados con el propósito de controlar la rotura de la emulsión asfáltica, no se considerarán como puzolanas y, en consecuencia, no habrá pago separado por su suministro.

340.2.4 Aditivos mejoradores de adherencia

En caso de requerirse aditivos para rebajar la tensión superficial y mejorar la adherencia, éstos se deberán ajustar a lo descrito en el Artículo 412, “Suministro de aditivo mejorador de adherencia”.

340.2.5 Agua

El agua que se requiera para la estabilización deberá ser limpia y libre de materia orgánica, álcalis y otras sustancias perjudiciales. Puede ser agua

potable; si no lo es, deberá cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 340 - 5.

Tabla 340 – 5.Requisitos del agua no potable para la construcción de base estabilizada con emulsión asfáltica

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO ASTM	REQUISITO
pH	D 1293	5.5 - 8.0
Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^=$, g/l máximo	D 516	1.0

340.3 EQUIPO

En relación con el equipo, rigen las condiciones generales descritas en el numeral 300.3 del Artículo 300, "Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases y bases granulares y estabilizadas". Básicamente, el equipo incluirá elementos para la explotación, cargues, transportes, eventual trituración, clasificación y extensión del material mineral; el almacenamiento, transporte y distribución del agua, de la emulsión asfáltica y de puzolanas y aditivos que eventualmente se requieran; para la elaboración, extensión, compactación y nivelación de la mezcla estabilizada, así como un equipo apropiado para escarificar la capa existente, en caso que su utilización esté prevista en el proyecto.

340.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

340.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo indicado en el numeral 300.4.1 del Artículo 300.

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

340.4.2.1 Generalidades

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el Constructor entregará al Interventor, para su verificación, muestras de los materiales que se propone utilizar, avaladas por los resultados de ensayos que demuestren la conveniencia de utilizarlos. Si a juicio del Interventor, los materiales resultan objetables, el Constructor deberá

efectuar las modificaciones necesarias para corregir las deficiencias. Una vez el Interventor manifieste su conformidad con los materiales, el Constructor procederá a definir el contenido óptimo de agua de preenvuelta y a diseñar la mezcla.

El contenido óptimo de agua de preenvuelta se fijará en función del suelo o agregado por estabilizar, basándose principalmente en la experiencia obtenida en casos análogos. La humedad por elegir será aquella que dé lugar a un cubrimiento uniforme y homogéneo del material mineral por parte del ligante, mientras que la humedad óptima de compactación será la óptima del ensayo modificado de compactación sobre el suelo o agregado por estabilizar (norma de ensayo INV E-142).

Las mezclas de base estabilizada con emulsión asfáltica se diseñarán siguiendo los métodos indicados en la Tabla 340-6.

Tabla 340 – 6.Método de diseño para mezclas de bases estabilizadas con emulsión asfáltica

TIPO DE BASE ESTABILIZADA	NORMA DE ENSAYO	MÉTODO
BEE-38 y 25	INV E-622	Inmersión-compresión
BEE-5	NLT 170/77	Extrusión

Se pueden utilizar otros procedimientos para el diseño de las mezclas. En tal caso, los métodos de diseño y los criterios de selección del porcentaje óptimo de ligante se deberán definir en una especificación particular.

340.4.2.2 Diseño de la mezcla por resistencia

340.4.2.2.1 Diseño de la mezcla por el método de inmersión-compresión para bases estabilizadas con agregados pétreos

Se elaborarán mezclas con diferentes contenidos de ligante por encima y por debajo del óptimo teórico (al menos 4 contenidos de ligante), para someterlas al ensayo de inmersión-compresión. El contenido óptimo de ligante se determinará aplicando los criterios de la Tabla 340 - 7.

Tabla 340 – 7. Criterios de resistencia para la determinación del contenido óptimo de emulsión asfáltica para bases estabilizadas con agregados pétreos BEE-38 y BEE-25

PARÁMETRO	NORMA DE ENSAYO INV	VALOR
Resistencia de probetas curadas en seco Rs, mínimo (MPa)	E-622	1.5
Resistencia conservada tras curado húmedo Rc = Rh/Rs, mínimo (%)		75

El porcentaje óptimo de ligante residual será aquel que, cumpliendo las exigencias indicadas, permita alcanzar el valor máximo de resistencia tras curado húmedo Rh.

340.4.2.2.2 Diseño de la mezcla por el método de extrusión para bases estabilizadas con suelos granulares

Se elaborarán mezclas con diferentes contenidos de ligante por encima y por debajo del óptimo teórico (al menos 4 contenidos de ligante), para someterlas al ensayo de extrusión. En la Tabla 340-8, se presentan los criterios para la determinación del contenido óptimo de ligante.

Tabla 340 – 8.Criterios de resistencia para la determinación del contenido óptimo de emulsión asfáltica para bases estabilizadas con suelos granulares BEE-5

PARÁMETRO	NORMA DE ENSAYO	VALOR
Extrusión seca, mínimo (N)	NLT 170/77	4500
Extrusión húmeda, mínimo (N)		1500
Absorción de agua, máximo (%)		7
Hinchamiento, máximo (%)		5

340.4.2.3 Informe de diseño de la mezcla

El informe de diseño que presente el Constructor, en el cual propondrá la fórmula de trabajo por aplicar en cada tramo homogéneo, para consideración y eventual aprobación del Interventor, contendrá, cuando menos, la siguiente información:

- La identificación y la proporción (en masa seca) de cada fracción del material granular.
- La granulometría de cada fracción del material granular y la granulometría combinada.

- El porcentaje de agua para mezcla y para compactación, en relación la masa seca del componente mineral.

- El porcentaje óptimo de ligante residual y de emulsión en relación con la masa seca del material.

- La identificación y la dosificación de puzolanas y de aditivos, si se requieren, los cuales deberán ser de la misma marca utilizada tanto en las pruebas de laboratorio como en la fase de experimentación y en la ejecución de los trabajos.

- Las resistencias obtenidas a la compresión en la prueba de inmersión-compresión o en la prueba de extrusión.

- La masa unitaria seca máxima y la humedad óptima correspondientes a la dosificación de diseño.

- Los resultados de los ensayos complementarios que indique el Pliego de Condiciones.

340.4.2.4 Ajuste de la fórmula de trabajo

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se podrá ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

Los trabajos no se podrán iniciar a escala industrial, si la fórmula de trabajo definitiva para cada tramo no ha sido aprobada por el Interventor.

La aprobación de la fórmula de trabajo por parte del Interventor, no exime al Constructor de su plena

responsabilidad de alcanzar, con base en ella, la calidad exigida en este Artículo.

340.4.3 Preparación de la superficie existente

Si el material por estabilizar es totalmente de aporte, sea que la mezcla se realice en vía o en planta, antes de construir la base estabilizada se comprobará que la superficie que le va a servir de apoyo se encuentre limpia, tenga la densidad y la planicidad apropiadas y las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la especificación respectiva, se deberán corregir de acuerdo con lo indicado en ella, a plena satisfacción del Interventor.

Si el proyecto exige la aplicación previa de una imprimación, ésta se efectuará de acuerdo con lo previsto en el Artículo 420, “Imprimación”, de este documento.

En caso que la construcción se vaya a realizar mediante el procedimiento de mezcla en vía en varias pasadas utilizando el suelo existente, éste se deberá escarificar en todo el ancho de la capa que se va a mezclar, hasta una profundidad suficiente para que, una vez compactada, la capa estabilizada alcance el espesor señalado en los planos o indicado por el Interventor. Esta operación se deberá efectuar cuando menos dos (2) días antes del proceso de pulverización del material por estabilizar.

Si se contempla la adición de un suelo de aporte para mejorar el existente, ambos se deberán mezclar uniformemente antes de iniciar la aplicación del ligante.

En los casos en que el proceso involucre el suelo del lugar, total o parcialmente, se deberá comprobar que el material que se encuentre bajo el espesor por estabilizar presente adecuadas condiciones de resistencia y, en caso de no tenerlas, el Interventor ordenará las modificaciones previas que considere necesarias en el procedimiento de trabajo.

En todos los casos, deberá estar concluida la construcción de los dispositivos necesarios para el drenaje de la calzada que requieran ser construidos, previamente a la construcción de la base estabilizada con emulsión asfáltica.

340.4.4 Transporte y almacenamiento de suelos y agregados

Cuando la estabilización incluya suelos o agregados de aporte, éstos se transportarán a la planta de mezcla o a la vía, según el caso, en vehículos apropiados protegidos con lonas u otros cobertores adecuados, asegurándolos a la carrocería, de manera de impedir que parte del material caiga sobre las vías por las cuales transitan los vehículos.

Cuando se requiera almacenar los suelos o agregados destinados a la construcción de la base estabilizada con emulsión asfáltica, se deberán tener en cuenta los cuidados señalados en el numeral 300.4.3 del Artículo 300.

340.4.5 Elaboración de la mezcla

La mezcla se podrá elaborar en la vía, en una planta central o en una planta caminera, de acuerdo con los procedimientos generales que se indican a continuación.

En todos los casos en que se empleen aditivos o puzolanas, éstos se deberán adicionar al material granular antes de su mezcla con la emulsión asfáltica.

340.4.5.1 Mezcla en vía en varias pasadas

Si la mezcla se va a efectuar con material de aporte, éste se transportará a la vía y se extenderá en el ancho y espesor adecuados que permitan que la capa, luego de mezclada y compactada, cumpla con las secciones indicadas en los planos u ordenadas por el Interventor. Dicho material deberá cumplir con los requisitos establecidos en el numeral 340.2.1.

Cuando en el proceso se incorpore el suelo existente, éste deberá ser pulverizado previamente hasta obtener una eficacia del ochenta y cinco por ciento (85 %) referida al tamiz de 9.5 mm (3/8") y del setenta y cinco por ciento (75 %) referida al tamiz de 4.75 mm (No. 4), entendiendo por eficacia la relación entre los porcentajes que pasan por tamizado en seco en obra y por tamizado húmedo en laboratorio. Si el suelo es difícil de pulverizar en estado natural, la operación se puede facilitar con un

humedecimiento previo, el cual no podrá rebasar la humedad óptima para la mezcla.

Inmediatamente antes de efectuar la mezcla con la emulsión, se verificará la humedad y, si fuere necesario un aumento de ella, se incorporará la cantidad debida de agua y se efectuará la mezcla correspondiente, perfilando la superficie de modo que presente, aproximadamente, la sección indicada en los planos u ordenada por el Interventor.

A continuación, se aplicará la emulsión asfáltica por medio de un carrotanque irrigador, con la dosificación y temperatura aprobadas por el Interventor, procediendo a la mezcla con el equipo aceptado, hasta obtener un producto homogéneo, de color uniforme y exento de concentraciones de ligante.

En caso de que el espesor de diseño exceda de quince centímetros (15 cm), la construcción de la base se deberá fraccionar en dos (2) capas, preferiblemente de igual espesor.

340.4.5.2 Mezcla en vía en una sola pasada

Cuando se emplee un equipo mezclador de paso sencillo, una vez preparada la superficie existente o extendido uniformemente el material de aporte (incluidos los aditivos y puzolanas), las operaciones de pulverización, adición de agua y emulsión y mezcla de los tres componentes se efectuarán en una sola pasada, regulando la velocidad de avance de la máquina y los caudales de agua y emulsión, de modo que la mezcla resulte homogénea y con las dosificaciones de agua y emulsión previstas en el diseño de la mezcla.

340.4.5.3 Mezcla en planta fija

Las plantas de mezcla podrán ser de tipo continuo o discontinuo y deberán estar provistas de dispositivos adecuados que permitan dosificar por separado la emulsión, el agua y el material mineral, con una precisión compatible con las tolerancias aceptadas por esta especificación.

Si la planta es de tipo continuo, se introducirán en el mezclador los suelos o agregados por estabilizar y, en forma sucesiva y con intervalos de tiempo apropiados, los caudales de agua y de emulsión requeridos para cumplir con la fórmula de trabajo.

Si la planta es de tipo discontinuo, una vez introducidos los suelos o agregados por estabilizar dentro del mezclador, se añadirán el agua necesaria de preenvuelta de acuerdo con la humedad de aquellos y, tras un lapso que permita el humedecimiento homogéneo del material granular, se añadirá automáticamente la cantidad de emulsión calculada para cada bachada y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

Según el tipo de instalación, la mezcla puede caer directamente al camión de transporte, a una banda transportadora, a un silo desde donde se vierte al camión o directamente a una pila de almacenamiento. En el caso que se emplee una banda, se deberá regular su velocidad, verificar el buen funcionamiento del raspador y lubricarla con una pequeña cantidad de agua, con el fin de evitar segregaciones de la mezcla.

340.4.5.4 Mezcla en planta caminera

Si la mezcla se realiza en una planta caminera, los materiales por estabilizar, preparados de manera que cumplan con la granulometría exigida, serán transportados al sitio de las obras y vertidos a la tolva receptora de la planta, la cual estará provista de dispositivos dosificadores similares a los de las plantas fijas continuas. Tales dosificadores deberán ser sincrónicos para obtener las proporciones deseadas de los tres (3) ingredientes, que serán conducidos a una mezcladora continua que verterá posteriormente la mezcla en la carretera.

340.4.6 Transporte de la mezcla

La mezcla elaborada en planta fija se transportará a la vía en volquetas acondicionadas para tal fin. Durante el transporte de la mezcla se deberán

tomar las precauciones necesarias para reducir al mínimo la segregación y la pérdida de humedad.

340.4.7 Extensión y compactación de la mezcla

Después de las operaciones de mezclado y eventual transporte, la mezcla se extenderá mecánicamente en el ancho especificado y en un espesor tal que, después de compactada, se ajuste a la sección transversal y cotas indicadas en los planos u ordenadas por el Interventor.

Las mezclas elaboradas en planta fija se deberán extender con una terminadora asfáltica.

Una vez que se verifique que la mezcla tiene la humedad óptima de apisonado se realizará la compactación, mediante el procedimiento definido durante la fase de experimentación, hasta alcanzar los niveles de densidad exigidos en el numeral 340.5.2.7.3.

En el caso de mezcla en vía con varias pasadas, cuando se hayan efectuado aproximadamente las dos terceras partes del trabajo de compactación se realizará, de ser necesario, un perfilado de la superficie de las rasantes previstas, continuando esta última fase de la operación con los compactadores y la motoniveladora, hasta obtener la densidad y el perfil requeridos.

Independientemente del tipo de compactadores empleados, la compactación final se deberá realizar con equipo neumático, para eliminar las huellas de los rodillos lisos y la motoniveladora.

En las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitan el empleo del equipo aprobado durante la fase de experimentación, la mezcla se extenderá y compactará con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación.

340.4.8 Juntas de trabajo

Todas las juntas de trabajo se dispondrán de forma que su borde quede vertical, cortando parte de la capa terminada. A todas las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad se les aplicará una capa uniforme y delgada de emulsión asfáltica, antes de colocar la mezcla nueva.

Si se trabaja por franjas, se dispondrán juntas longitudinales en todos los casos en que transcurra más de una jornada entre las operaciones en franjas contiguas.

340.4.9 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 300.4.2 del Artículo 300.

Al comienzo de los trabajos, el Constructor elaborará secciones de ensayo de longitud, ancho y espesor definidos en acuerdo con el Interventor, donde se probarán el equipo y los materiales y se determinará el método definitivo de trabajo, de manera que se cumplan los requisitos de la presente especificación.

El Interventor tomará muestras del material estabilizado y determinará su conformidad en relación con las condiciones especificadas sobre el grado de disgregación del material mineral, espesor de capa, proporción de emulsión asfáltica, compactación y demás requisitos exigidos.

En caso de que los ensayos indicaren que el material estabilizado no se ajusta a dichas condiciones, el Constructor deberá hacer inmediatamente todas las correcciones necesarias y, si fuere preciso, modificará la fórmula de trabajo, repitiéndose las secciones de ensayo una vez efectuadas las correcciones, hasta que ellas resulten satisfactorias para el Interventor.

340.4.10 Apertura al tránsito

No se permitirá el tránsito público hasta que la mezcla compactada pueda soportar el paso de los vehículos sin que se produzcan desplazamientos. Durante las primeras cuarenta y ocho horas (48 h) a partir de la apertura, la velocidad de los vehículos se deberá limitar a veinte kilómetros por hora (20 km/h) e impedir que sobre la capa se produzcan aceleraciones, frenados o giros bruscos.

340.4.11 Curado y protección superficial de la capa compactada

Las capas de base estabilizada con emulsión requieren un período de curado para su maduración, antes de que se autorice su cobertura. El tiempo de curado deberá ser el suficiente para que el contenido de humedad del material mezclado y compactado sea inferior a uno por ciento (1 %). Por lo general, dicho período es, como mínimo, de diez (10) días, dependiendo de las condiciones climáticas.

Durante dicho lapso, el Constructor aplicará los riegos de protección que le solicite el Interventor, para prevenir el deterioro de la capa por la acción de las aguas superficiales y del tránsito automotor. Dichos riegos se realizarán de acuerdo con el Artículo 422, "Riego de curado", excepto que la emulsión estará diluida en agua de manera que el ligante residual sea aproximadamente treinta por ciento (30 %) y la dosificación del ligante estará entre dos y tres décimas de kilogramo de ligante residual por metro cuadrado (0.2 - 0.3 kg/m^2).

340.4.12 Conservación

El Constructor deberá conservar la capa base estabilizada con emulsión asfáltica en perfectas condiciones hasta que se construya la capa superior prevista en el proyecto. Todo daño que se presente deberá ser corregido a plena satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

340.4.13 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la extensión y compactación de mezclas para base estabilizada con emulsión asfáltica cuando la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a cinco grados Celsius (5° C) o haya lluvia o fundados temores que ella ocurra.

En caso que la mezcla sin compactar o compactada sea afectada por el agua lluvia y como resultado de ello se lave la emulsión, el Constructor deberá, a su costa, retirar la mezcla afectada y reconstruir el sector deteriorado a satisfacción del Interventor.

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

340.4.14 Manejo ambiental

En relación con el manejo ambiental, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 300.4.8 del Artículo 300

340.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

340.5.1 Controles

En adición a lo exigido por el numeral 300.5.1 del Artículo 300, se efectuarán ensayos para el control de calidad de la mezcla y de densidad y resistencia de ella luego de compactada.

340.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

340.5.2.1 Calidad del producto bituminoso

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para la emulsión asfáltica serán los establecidos en el Artículo 411.

340.5.2.2 Calidad del agua

Siempre que se tenga alguna incertidumbre en relación con la calidad del agua, se verificarán su pH y su contenido de sulfatos. Sus resultados deberán satisfacer las exigencias del numeral 340.2.5 para permitir su empleo. Si no las satisfacen, se impedirá el uso posterior de dicha agua y se someterán a observación los tramos ya elaborados con ella.

340.5.2.3 Calidad de los aditivos y elementos de aporte

Cada vez que el Interventor lo considere necesario, se realizarán las pruebas requeridas para verificar la calidad de estos productos. El incumplimiento de las especificaciones pertinentes de estos productos, implicará el rechazo del envío correspondiente.

340.5.2.4 Calidad de los agregados pétreos y suelos granulares

Se realizarán los siguientes controles:

340.5.2.4.1 Aprobación inicial

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deberán

realizar los ensayos que se encuentran indicados en la Tablas 340-2 o 340-3, según corresponda.

Los resultados de estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas en ellas, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

340.5.2.4.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se ordenará el retiro de los agregados y suelos que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, se ordenará acopiar por separado aquellos materiales que presenten alguna anomalía de aspecto y se vigilará la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, se efectuarán las verificaciones de calidad indicadas en la Tabla 340-9.

Tabla 340 – 9.Ensayos de verificación sobre los agregados pétreos y suelos granulares

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA	
		AGREGADOS	SUELOS
Composición (F)			
Granulometría	E-123	1 por jornada	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)			
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes	No aplica
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes	
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos	E-224	1 por mes	
Durabilidad (O)			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes	No aplica
Limpieza, gradación combinada (F)			
Límite líquido	E-125	1 por jornada	1 por jornada
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	1 por jornada	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana	1 por semana
Terrones de arcilla y partículas deleznables	E-211	1 por semana	No aplica
Capacidad de soporte (F)			
CBR del material sin emulsión asfáltica	E-148	1 por mes	1 por mes

En el caso de suelos granulares, cada jornada se verificará la clasificación según el sistema AASHTO a partir de los resultados obtenidos de los ensayos diarios de granulometría, límite líquido e índice de plasticidad.

El Interventor, podrá reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 340.9, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

No se permitirá el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos pertinentes del presente Artículo. En la eventualidad que alguna prueba dé lugar a un resultado no satisfactorio, se tomarán dos (2) muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor impedirá el uso del volumen de material al cual representen dichos ensayos.

340.5.2.5 Composición de la mezcla

Para efectos del control, se considerará como lote el volumen de material que resulte de aplicar los criterios del numeral 340.5.2.7.1.

Cuantitativamente, se realizarán los siguientes controles:

340.5.2.5.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 340.5.2.7.1, se determinará el contenido de asfalto residual (Norma de ensayo INV E-732).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART %) tendrá una tolerancia de uno por ciento (1.0 %) para estabilizaciones realizadas en vía y

medio por ciento (0.5 %) para mezclas elaboradas en planta, con respecto al establecido en la fórmula de trabajo (ARF %).

ARF% - 1.0 % ≤ ART % ≤ ARF % + 1.0 % (mezcla en vía)	[340.1]

ARF% - 0.5 % ≤ ART % ≤ ARF % + 0.5 % (mezcla en planta)	[340.2]

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI %), no podrá diferir del valor medio del lote (ART %) en más de uno por ciento (1.0 %), admitiéndose sólo un (1) valor por fuera de este intervalo.

ART % - 1.0 % ≤ ARI % ≤ ART % + 1.0 %	[340.3]

Un porcentaje de asfalto residual fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso del ligante, el Constructor demuestre que no habrá problemas de comportamiento de la base estabilizada.

En caso de rechazo, la capa correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y corregida o reemplazada a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

340.5.2.5.2 Granulometría

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados, mediante la norma de ensayo INV E-782, la cual deberá cumplir la gradación de la fórmula de trabajo, dentro de las tolerancias establecidas en la Tabla 340 - 1.

Cuando los valores obtenidos incumplan estos requisitos, el Constructor deberá preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje de emulsión o asfalto espumado que dé lugar al contenido medio de asfalto residual de la mezcla elaborada con dicho material. Ella se someterá a las pruebas mencionadas en el numeral 340.4.2. Si todos los requisitos allí indicados no se cumplen, se rechazará el lote al cual correspondan esas muestras.

En caso de rechazo, la capa correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y corregida o reemplazada a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

340.5.2.5.2.1 Agregados pétreos

Las curvas obtenidas se deberán ajustar a la establecida al determinar la fórmula de trabajo, con las tolerancias que se indican en la Tabla 340-1.

340.5.2.5.2.2 Suelos granulares

Las curvas obtenidas se deberán encontrar dentro de la banda granulométrica de la Tabla 340-4.

340.5.2.6 Calidad de la mezcla

340.5.2.6.1 Resistencia

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada, se moldearán probetas (tres por muestra) para verificar en el laboratorio su resistencia en los ensayos de inmersión-compresión o extrusión, según el tipo de material mineral que se estabilice (normas de ensayo INV E–622 y NLT 170/77, respectivamente). Una muestra se curará en seco y otra en condición húmeda.

El promedio de la resistencia de las tres (3) probetas sometidas a curado seco (R_m), deberá superar o al menos igualar al noventa por ciento (90 %) de la respectiva resistencia de la mezcla definitiva de trabajo (R_t). Un criterio similar se aplicará para las probetas sometidas a curado húmedo.

$$Rm \geq 0.90\ Rd \qquad [340.4]$$

Además, la resistencia de cada probeta (R_i) deberá ser igual o superior al ochenta por ciento (80 %) del valor medio de su respectivo grupo, admitiéndose sólo un (1) valor individual por debajo de ese límite:

$$Rm \geq 0.80\ Rd \qquad [340.5]$$

En el caso de base con agregados pétreos, la resistencia conservada promedio (R_{cm}) deberá ser, como mínimo, el setenta y cinco por ciento (75 %), sin que al respecto se admita ninguna tolerancia.

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se rechazará el lote al cual representan las muestras. En caso de rechazo, la capa correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y corregida o reemplazada a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Si el incumplimiento se presenta en dos (2) lotes consecutivos, se deberán suspender los trabajos hasta que se estudie una nueva fórmula de trabajo que garantice el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en el numeral 340.4.2, para el tipo de base que se esté evaluando

340.5.2.7 Calidad del producto terminado

340.5.2.7.1 Tamaño del lote

Se considerará como "lote" que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios, para una sola capa de mezcla asfáltica en densa en frío:

– Quinientos metros lineales (500 m) de mezcla colocada en todo el ancho de la calzada.

– Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m^2) de mezcla colocada.

– La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

340.5.2.7.2 Aspectos generales

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa, excluidos sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Interventor. La cota definitiva de cualquier punto de la capa no podrá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

340.5.2.7.3 Compactación

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

Para el control de la compactación de una capa base estabilizada con emulsión, se deberá calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones humedad-peso unitario (ensayo

modificado de compactación), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,máx}} \times 100 \qquad [340.6]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,máx}} \times 100 \qquad [340.7]$$

Siendo: GC_i: Valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

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

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

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

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

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

Para la aceptación del lote se aplicarán los siguientes criterios:

GC_l (90) ≥ 95.0 %	se acepta el lote	[340.8]
GC_l (90) < 95.0 %	se rechaza el lote	[340.9]

Siendo:

$GC_l(90)$: Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90%, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del Artículo 107, “Control y aceptación de los trabajos”, a partir de los valores individuales del grado de compactación GC_i.

Las verificaciones de compactación se deberán efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Las comprobaciones de la compactación se realizarán cuando se haya cumplido sustancialmente el período de curado de la mezcla, conforme se haya determinado en la fase de experimentación.

En caso de rechazo, la capa de base estabilizada correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y corregida a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

340.5.2.7.4 Espesor

1

Sobre la base del lote escogido para el control de la compactación y en los mismos puntos de verificación, se determinará el espesor promedio de la capa compactada (e_m), el cual no podrá ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad [340.10]$$

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño, admitiéndose un (1) solo valor por debajo de dicho límite, siempre que este último valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.90\, e_d \quad [340.11]$$

Si se incumple alguno de estos requisitos, se rechazará el lote, salvo que el Constructor se comprometa a compensar la deficiencia incrementando el espesor de la capa superior del pavimento en el espesor faltante, sin que el exceso de espesor por colocar de esta última genere costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

340.5.2.7.5 Planicidad

La superficie acabada no podrá presentar, en ningún punto, zonas de acumulación de agua ni irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm) cuando se compruebe con una regla de tres

metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793; la regla se colocará tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el Interventor, los cuales no podrán corresponder a puntos donde haya cambios de pendiente transversal de acuerdo con el diseño.

340.5.2.7.6 Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al Constructor

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa de base estabilizada, por modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al Constructor, el Interventor delimitará el área afectada y ordenará las correcciones necesarias, por cuyo trabajo autorizará pago al Constructor, al respectivo precio unitario del contrato.

340.6 MEDIDA

La base estabilizada con emulsión asfáltica se medirá según lo descrito en el Artículo 300 y en particular en el numeral 300.6.1.

340.7 FORMA DE PAGO

La base estabilizada con emulsión asfáltica se pagará según lo descrito en el Artículo 300 y en particular en el numeral 300.7.1.

Se excluyen del precio unitario de la base estabilizada con emulsión asfáltica los siguientes aspectos:

- El suministro de la emulsión asfáltica, que se pagará de acuerdo con el Artículo 411.

- La puzolana que se incluya en la mezcla para complementar la reactividad, de acuerdo con lo indicado en el numeral 340.2.3, que se pagará como se indique en una especificación particular.

340.8 ÍTEM DE PAGO

340.1	Base estabilizada con emulsión asfáltica tipo BEE-38	Metro cúbico (m^3)
340.2	Base estabilizada con emulsión asfáltica tipo BEE-25	Metro cúbico (m^3)
340.3	Base estabilizada con emulsión asfáltica tipo BEE-5	Metro cúbico (m^3)

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

SUELO-CEMENTO

ARTÍCULO 350 – 13

350.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la construcción de una capa estructural de pavimento, constituida por una mezcla uniforme de suelos o agregados (material adicionado totalmente o resultante de la escarificación de la capa superficial existente, o una mezcla de ambos), cemento hidráulico, agua y eventualmente aditivos, de acuerdo con las dimensiones, alineamientos y secciones indicados en los documentos del proyecto o determinados por el Interventor.

350.2 MATERIALES

350.2.1 Clases de suelo-cemento

Se definen 2 clases de suelo-cemento como se indica en la Tabla 350 - 1, en función de los criterios para el diseño de la mezcla.

Tabla 350 - 1. Clases de suelo - cemento

CLASE DE SUELO-CEMENTO	SC-D	SC-R
Criterios de diseño de la mezcla Numeral 350.4.1.1	Durabilidad	Durabilidad y Resistencia

Los documentos del proyecto definirán la clase de suelo-cemento por utilizar en el proyecto; además, definirán el tipo de gradación, dentro de las opciones mencionadas en la Tabla 350 - 3. En el caso de las mezclas tipo SC-R, los documentos del proyecto pueden, además, especificar una resistencia mínima superior a la establecida en el numeral 350.4.1.1.

350.2.2 Suelos o agregados por estabilizar

El material por estabilizar con cemento hidráulico podrá provenir de la escarificación de la capa superficial existente, o ser un suelo natural proveniente de excavaciones o zonas de préstamo, o agregados locales, o escorias, o mezclas de ellos. El material, ya combinado, deberá estar libre de materia orgánica u otra sustancia que pueda perjudicar el correcto fraguado del cemento. Deberá, además, cumplir los requisitos generales que se indican en la Tabla 350 - 2, y se deberá ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la Tabla 350 - 3.

Tabla 350 - 2. Requisitos de los materiales para la construcción de suelo-cemento

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	GRADACIÓN TIPO A	GRADACIÓN TIPO B
Composición (F)			
- Granulometría del material pulverizado, listo para estabilizar. - Tamaño máximo, fracción máxima del espesor de la capa compactada	E-123	Tabla 350 - 3 1/2	
Limpieza (F)			
Límite líquido, % máximo	E-125	30	35 (Nota 1)
Índice de plasticidad, % máximo	E-125 y E-126	12	15 (Nota 1)
Contenido de materia orgánica, % máximo	E-121	1.0	
Características químicas (O)			
Proporción de sulfatos del material combinado, expresado como $SO_4^=$, % máximo	E-233	0.5	
Reactividad álcali - agregado: Concentración SiO_2 y reducción de alcalinidad R	E-234	$SiO_2 \leq R$ cuando $R \geq 70$ $SiO_2 \leq 35 + 0.5R$ cuando $R < 70$	

Nota1 .Si los documentos del proyecto lo permiten, estos límites se pueden exceder siempre y cuando el Constructor demuestre al Interventor que el equipo de construcción tiene una capacidad de disgregación suficiente para conseguir una mezcla íntima y homogénea de un suelo más plástico con el cemento.

Tabla 350 - 3. Requisitos granulométricos del material para la construcción de suelo-cemento

TIPO DE GRADACIÓN		TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
		50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
		2"	1 ½"	1"	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
		% PASA								
Tipo A	A-50	100	70-100	60-100	50-90	40-80	30-70	20-55	10-40	2-20
	A-25	-	-	100	70-100	60-100	50-85	40-70	20-45	2-25
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)		0 %	7 %				6 %			3 %
Tipo B	B-50-1	100	-	-	-	-	40-80	-	-	2-35
	B-50-2	100	-	-	-	-	60-100	-	-	0-50
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)		0 %	-				8 %			5 %

350.2.3 Cemento

El cemento para la estabilización deberá ser cemento hidráulico de uso general, el cual deberá cumplir lo especificado en el Artículo 501, "Suministro de cemento hidráulico".

No se permitirá el empleo de cemento que haya fraguado parcialmente o que contenga terrones del producto endurecido. Tampoco se permitirá el empleo de cemento extraído de bolsas usadas en jornadas anteriores.

350.2.4 Agua

El agua que se requiera para la estabilización deberá ser limpia y libre de materia orgánica, álcalis y otras sustancias perjudiciales. Puede ser agua potable; si no lo es, deberá cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 350 - 4.

Tabla 350 - 4. Requisitos del agua no potable para la construcción de suelo-cemento

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO ASTM	REQUISITO
pH	D 1293	5.5 - 8.0
Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^=$, g/l máximo	D 516	1.0

350.2.5 Aditivos

Los documentos del proyecto pueden establecer el uso de aditivos para obtener la trabajabilidad adecuada o mejorar las características de la mezcla.

Así mismo, el Constructor puede poner a consideración del Interventor el empleo de aditivos con los mismos propósitos; en particular, el empleo de retardadores de fraguado para extender el tiempo de trabajo de las mezclas.

En todos los casos, los aditivos que se empleen deberán cumplir los requerimientos de la especificación ASTM C 494; además, el Constructor deberá realizar los ensayos que demuestren que los aditivos cumplen su función prevista con los materiales y dosificaciones previstos en la fórmula de trabajo.

350.3 EQUIPO

Básicamente, el equipo estará constituido por equipos para la escarificación y la disgregación del material (si se requiere), la elaboración de la mezcla (planta de mezcla o máquina estabilizadora), motoniveladora, compactadores metálicos vibratorios y neumáticos, carrotanques para aplicar agua y el material de curado de la capa compactada, equipo para la formación de las juntas, equipos de transporte y herramientas menores.

350.3.1 Equipo para la elaboración de la mezcla de suelo-cemento

Los documentos del proyecto definirán el tipo de equipo para elaborar la mezcla de suelo-cemento, dentro de las siguientes opciones: planta de mezcla, máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio y motoniveladora.

Si los documentos del proyecto no indican el equipo por utilizar, se dará por definido el uso de una máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio de paso sencillo. Sólo se permitirá el uso de motoniveladora para la mezcla cuando los documentos técnicos del proyecto lo señalen taxativamente.

Si los documentos del proyecto exigen la preparación de la mezcla en una planta, deberán establecer en detalle las características de la planta y el procedimiento para la ejecución de los trabajos; si no lo establecen, se aplicarán las características de la planta y los procedimientos descritos en el Artículo 630, “Concreto estructural“, para la elaboración de concreto.

En cualquier caso, el equipo para la mezcla que suministre el Constructor deberá ser capaz de lograr una completa homogenización de los componentes, dentro de las tolerancias establecidas en este Artículo.

350.3.2 Equipos para explotación y manejo de materiales

En caso de que la estabilización incluya materiales transportados, el equipo deberá incluir, también, elementos para su explotación, cargues, transportes, eventual trituración y clasificación.

350.3.3 Equipos para escarificación

Si está prevista la utilización de los materiales existentes en la vía, se deberá contar con elementos apropiados para su escarificación.

350.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

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

350.4.1.1 Diseño de la mezcla

La mezcla de suelo-cemento se diseñará mediante los criterios de durabilidad y resistencia indicados en la Tabla 350 - 5. El contenido mínimo de cemento será aquel que permita cumplir con los parámetros definidos en la tabla citada, pero en ningún caso será inferior a tres por ciento (3 %) de la masa seca del material por estabilizar.

Los valores de referencia asociados al criterio de durabilidad dependen de la clasificación del material por estabilizar según el sistema AASHTO, norma INV E-180.

Tabla 350 - 5. Criterios de diseño para la mezcla de suelo-cemento

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INV	SC-D	SC-R
Durabilidad			
Máxima pérdida de masa de la mezcla compactada en prueba de humedecimiento y secado, % - Suelos A-1; A-2-4; A-2-5; A-3 - Suelos A-2-6; A-2-7; A-4; A-5 - Suelos A-6; A-7	E-612	 14 10 7	
Resistencia			
Comportamiento de la resistencia con: - Incremento en el contenido de cemento - Incremento en la edad	E-614	Crece Crece	
Resistencia a la compresión a 7 días, MPa - Mínima - Máxima	E-614	(Nota 1) 4.5	2.1 (Nota 2) 4.5

Nota 1. La resistencia mínima será la que se obtenga en la mezcla de diseño que cumpla con el criterio de durabilidad.

Nota 2. Los documentos del proyecto pueden establecer un valor mayor de resistencia a la compresión a 7 días.

350.4.1.2 Fórmula de trabajo

Dentro de la franja granulométrica elegida, el Constructor propondrá al Interventor una "Fórmula de Trabajo" a la cual se deberá ajustar durante la construcción de la capa, con las tolerancias que se indican en la Tabla 350 - 3, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada.

La fórmula de trabajo establecida como resultado del diseño de la mezcla deberá indicar:

- La granulometría del material
- El tipo y la marca de cemento empleado en el diseño
- El tipo y la marca de los aditivos empleados en el diseño
- El contenido óptimo de cemento (CFT %)
- El valor de pérdidas por durabilidad
- El valor de resistencia a la compresión a los 7 días (R_d)
- Los porcentajes óptimos de agua para mezcla y compactación

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se podrá ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación; la fórmula ajustada deberá cumplir con los requisitos establecidos para el diseño de la mezcla.

Si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla o la curva granulométrica incumple las tolerancias que se indican en la Tabla 350 - 3, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

350.4.2 Fase de experimentación

Al comienzo de los trabajos, el Constructor elaborará secciones de ensayo de longitud, ancho y espesor definidos de acuerdo con el Interventor,

donde se probará el equipo y se determinará el método definitivo de trabajo, de manera que se cumplan los requisitos de la presente especificación.

Con base en los resultados que se obtengan a partir de muestras tomadas del suelo-cemento, el Interventor evaluará su conformidad en relación con las condiciones especificadas sobre disgregación, humedad, espesor de la capa, proporción de cemento y demás requisitos exigidos.

En caso que los ensayos indicasen que el suelo-cemento no se ajusta a dichas condiciones, éste deberá ser removido y reemplazado por el Constructor a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías; antes de efectuar el reemplazo, el Constructor deberá hacer las modificaciones necesarias a los equipos y procedimientos de construcción y, si fuese preciso, deberá modificar el diseño.

El proceso se repetirá cuantas veces sea necesario hasta que las secciones de ensayo resulten satisfactorias para el Interventor.

350.4.3 Preparación de la superficie existente

Si el material por estabilizar es totalmente de aporte, antes de construir la capa de suelo-cemento se comprobará que la superficie que va a servir de apoyo tenga la densidad y la planicidad apropiadas, así como las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la especificación respectiva, se deberán corregir de acuerdo con lo indicado en ella, a plena satisfacción del Interventor.

En caso de que la construcción se vaya a realizar únicamente con el material existente en la calzada, éste se deberá escarificar en todo el ancho de la capa que se va a mezclar, hasta una profundidad suficiente para que, una vez compactada, la capa de suelo-cemento alcance el espesor señalado en los planos o indicado por el Interventor.

Si se contempla la adición de un material de aporte para mejorar el existente, ambos se deberán mezclar uniformemente, antes de iniciar la pulverización del material.

En todos los casos en que el proceso involucre el material del lugar, parcial o totalmente, se deberá comprobar que el material que se

encuentre bajo el espesor por estabilizar presente adecuadas condiciones de resistencia y, en caso de no tenerlas, el Interventor ordenará las modificaciones previas que considere necesarias.

En todos los casos deberá estar concluida la construcción de los dispositivos necesarios para el drenaje de la calzada que requieran ser construidos, previamente a la construcción de la capa de suelo-cemento.

350.4.4 Transporte y almacenamiento de suelos y agregados

Cuando la construcción del suelo-cemento incluya suelos o agregados de aporte, éstos se transportarán en vehículos apropiados protegidos con lonas u otros cobertores adecuados, asegurándolos a la carrocería de manera de impedir que parte del material caiga sobre las vías por las cuales transitan los vehículos.

Cuando se requiera almacenar los suelos o agregados, se deberá tener en cuenta lo indicado en el numeral 300.4.3 del Artículo 300.

350.4.5 Mezcla en vía

350.4.5.1 Disgregación del material

Antes de aplicar el cemento, si el material por tratar, sea que haya sido escarificado en el lugar o transportado desde los sitios de origen aprobados por el Interventor, o una mezcla de ambos, presenta grumos o aglomeraciones de partículas, se disgregará con el equipo de construcción aprobado a partir de los resultados de la fase de experimentación en el ancho y espesor suficientes que permitan obtener la sección compactada indicada en los planos u ordenada por el Interventor.

El proceso de disgregación continuará hasta que se logren los requerimientos granulométricos del numeral 350.2.2. La longitud de calzada disgregada no deberá exceder de la que se pueda tratar y compactar de acuerdo con esta especificación en dos (2) días de trabajo, salvo autorización escrita del Interventor.

Una vez disgregado el material, éste se deberá conformar a la sección transversal de la calzada, con el empleo de motoniveladora.

350.4.5.2 Aplicación del cemento

El cemento se podrá aplicar en bolsas o a granel. En cualquier caso, se esparcirá sobre el agregado o suelo disgregado empleando el procedimiento aceptado por el Interventor durante la fase de experimentación, de manera que se esparza la cantidad requerida según el diseño más la cantidad prevista por desperdicios, a todo lo ancho de la capa por estabilizar. Durante la aplicación del cemento, la humedad del material no podrá ser superior a la definida durante el proceso de diseño como adecuada para lograr una mezcla íntima y uniforme del material con el cemento. Sobre el cemento esparcido sólo se permitirá el tránsito del equipo que lo va a mezclar con el material.

350.4.5.3 Mezcla

Inmediatamente después de ser esparcido el cemento, se efectuará la mezcla, empleando el equipo aprobado. El número de pasadas dependerá del equipo utilizado y será el necesario para garantizar la obtención de una mezcla homogénea, según se haya definido en la fase previa de experimentación. En caso de que se requiera, se añadirá el agua faltante y se continuará mezclando hasta que la masa resultante presente completa homogeneidad. La humedad de la mezcla deberá ser la establecida en la fórmula de trabajo, con una tolerancia de más o menos uno por ciento (+/- 1 %).

350.4.6 Mezcla en planta

La mezcla elaborada en la planta aprobada luego de la fase de experimentación, se transportará al sitio en volquetas estancas y cubiertas, aptas para el transporte de concreto, cumpliendo con los requisitos y los procedimientos establecidos en los numerales 500.3.2 y 500.4.6 del Artículo 500.

350.4.7 Extensión y conformación

La mezcla elaborada sobre la vía se extenderá en todo el ancho previsto en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y el grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos

en la fase de experimentación, y se conformará a la sección transversal de la calzada.

Para el caso de mezcla en planta, si los documentos del contrato así lo requieren, se usará una máquina extendedora para estas labores; si no lo requieren, la mezcla se podrá extender y conformar con motoniveladora.

En todo caso, la cantidad de material extendido y conformado deberá ser tal, que el espesor de la capa compactada no resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor de suelo-cemento por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se deberá colocar en dos o más capas, procurándose que el espesor de cada una de ellas sea sensiblemente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm).

El material extendido y conformado deberá mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes. El Interventor no permitirá la colocación de la capa siguiente, antes de verificar y aprobar la compactación de la precedente.

350.4.8 Prefisuración

Cuando los documentos técnicos del proyecto así lo indiquen, se efectuará una prefisuración de las capas de suelo-cemento antes de iniciar su compactación. La necesidad de efectuar la prefisuración dependerá de factores tales como la posición de la capa dentro de la estructura, el tipo de rodadura, la resistencia del material de suelo-cemento y el tipo de medidas que eventualmente contemple el proyecto para evitar o controlar que el desarrollo de fisuras de contracción en la capa de suelo-cemento deteriore la rodadura del pavimento; uno de los criterios para decidir si se requiere la prefisuración puede ser que se superen las resistencias máximas de la mezcla, mencionadas en la Tabla 350 - 5.

La prefisuración consistirá en la ejecución de juntas transversales en fresco, es decir, del material extendido pero sin compactar. El diseño establecerá la distancia a la cual se deben realizar las juntas transversales en fresco; en general, la separación entre juntas estará comprendida entre tres y cuatro metros (3 a 4 m).

Para la ejecución de las juntas transversales en fresco, se utilizarán equipos que efectúen en cada pasada un surco recto que penetre al

menos dos tercios (2/3) del espesor de la capa y que, al mismo tiempo, introduzcan en él un producto adecuado para impedir que la junta se cierre de nuevo. Este producto podrá consistir en una emulsión bituminosa de rotura rápida, una cinta de plástico flexible, un perfil ondulado de plástico rígido u otros sistemas que, además de impedir que se cierre de nuevo la junta durante la compactación, permitan la transmisión de cargas entre los dos lados de la junta.

Se emplearán el equipo y el método de ejecución aprobados por el Interventor, cuya eficacia haya sido comprobada después de la realización de la fase de experimentación.

350.4.9 Compactación

La compactación de la mezcla se realizará de acuerdo con el plan propuesto por el Constructor y aprobado por el Interventor durante la fase previa de experimentación.

El proceso de compactación deberá ser tal, que evite la formación de una costra o capa superior delgada, débilmente adherida al resto de la capa de suelo-cemento. En caso de que ella se produzca, deberá ser eliminada hasta obtener una superficie uniforme y compacta.

Los trabajos de compactación deberán ser terminados en un lapso no mayor de dos (2) horas desde el inicio de la mezcla. Las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitan el empleo del equipo de mezcla y compactación aprobado durante la fase de experimentación, se compactarán con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación. Una vez terminada la compactación, la superficie se deberá mantener húmeda hasta que se aplique el riego de curado.

350.4.10 Juntas de trabajo

Las juntas entre trabajos realizados en días sucesivos se deberán cuidar para proteger la capa construida cuando se vaya a esparcir y compactar la adyacente. Al efecto, al término de la jornada de trabajo se formará una junta transversal perpendicular al eje de la calzada, haciendo un corte vertical en el material compactado.

Si la capa de suelo-cemento no se construye en todo el ancho de la calzada sino por franjas, se deberán disponer también, mediante un

procedimiento aceptable para el Interventor, juntas longitudinales en corte vertical y paralelas al eje longitudinal de la calzada.

350.4.11 Curado de la capa compactada

Terminada la compactación de la capa de suelo-cemento, ésta se deberá proteger contra pérdidas de humedad por un período no menor de siete (7) días, mediante la aplicación de una película bituminosa con emulsión de rotura rápida tipo CRR-1, conforme se establece en el Artículo 422, "Riego de curado".

Si la aplicación del riego de curado no se hace inmediatamente después de terminada la compactación, deberá mantenerse la humedad de la superficie mediante riego frecuente de agua por aspersión.

En el momento de aplicar el riego, que en ningún caso puede ser después de veinticuatro (24) horas después de terminada la compactación, la superficie de la capa de suelo-cemento deberá presentar un aspecto denso y homogéneo y contener la humedad suficiente que permita el curado.

350.4.12 Apertura al tránsito

La capa de suelo-cemento sólo se podrá abrir al tránsito público y al de los equipos de construcción a los siete (7) días de su compactación. La apertura será inicialmente durante un tiempo corto que permita verificar el comportamiento de la capa compactada y localizar las áreas que deban ser objeto de corrección. Como resultado de lo observado en esta apertura parcial, el Interventor definirá el instante de apertura definitiva de la capa compactada, al tránsito público.

350.4.13 Limitaciones en la ejecución

Las estabilizaciones con cemento sólo se podrán llevar a cabo cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea superior a cinco grados Celsius (5° C) y cuando no haya lluvia o temores fundados de que ella se produzca. En caso de que la mezcla sin compactar sea afectada por agua lluvia y como resultado de ello la humedad de la mezcla supere la tolerancia mencionada en el numeral 350.4.5.3 de esta especificación, el Constructor deberá retirar la mezcla afectada y reconstruir el sector deteriorado a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

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

350.4.14 Manejo ambiental

Se aplicará lo pertinente del numeral 300.4.8 del Artículo 300, "Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases granulares y bases granulares y estabilizadas".

350.4.15 Conservación de la capa terminada

El Constructor deberá conservar la capa suelo-cemento en perfectas condiciones, hasta que se construya la capa superior prevista en los documentos del proyecto. Todo daño que se presente deberá corregirlo a plena satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

350.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

350.5.1 Controles

En adición a lo indicado en el numeral 300.5.1 del Artículo 300, se deberán efectuar ensayos de control de la mezcla y, una vez compactada, de densidad, espesor y planicidad de la capa terminada

350.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

350.5.2.1 Calidad de los materiales

350.5.2.1.1 Calidad de suelos o agregados por estabilizar

De cada fuente de suelos y agregados por utilizar en la producción de la capa de suelo-cemento y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4)

muestras y se ejecutarán los ensayos que permitan verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en el numeral 350.2.2.

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se ordenará el retiro de los suelos y agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. Además, se efectuarán las verificaciones periódicas indicadas en la Tabla 350 - 6.

El Interventor podrá adelantar las pruebas adicionales que le permitan tener certeza de la calidad del material por estabilizar, de acuerdo con las exigencias de la presente especificación.

Tabla 350 - 6. Verificaciones periódicas sobre el material por estabilizar

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Limpieza (F)		
Límite líquido	E-125	1 por jornada
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	1 por jornada
Contenido de materia orgánica	E-121	1 a la semana

El Interventor podrá reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 350 - 6, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

Cuando el Interventor considere que las características del material que está siendo explotado en una fuente han cambiado, se deberán repetir todos los ensayos especificados en la Tabla 350 - 2 y adoptar los correctivos que sean necesarios. No se permitirá el empleo de materiales

que no satisfagan los requisitos de calidad indicados en el numeral 350.2.2.

En la eventualidad de que el resultado de alguna prueba sea insatisfactorio, se tomarán dos (2) muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

350.5.2.1.2 Calidad del cemento

Cada vez que el Interventor lo considere necesario, se efectuarán los ensayos de control que permitan verificar la calidad del cemento.

Por ningún motivo se permitirá el empleo del cemento endurecido o cuya fecha de vencimiento haya sido superada.

350.5.2.1.3 Calidad del agua

Siempre que tenga alguna sospecha sobre la calidad del agua empleada, se verificarán su pH y su contenido de sulfatos.

350.5.2.1.4 Calidad de los aditivos y productos de curado

El Constructor deberá presentar certificaciones periódicas de los fabricantes o de los proveedores de estos productos, que brinden garantía en cuanto a la calidad y a la conveniencia de su utilización, para la revisión y eventual autorización de uso por parte del Interventor.

350.5.2.2 Calidad de la mezcla

350.5.2.2.1 Contenido de cemento

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 350.5.2.3, se determinará el

contenido de cemento (norma de ensayo INV E-617). Cada muestra se tomará en un solo sitio de la capa extendida, abarcando todo su espesor, inmediatamente antes de iniciar la compactación.

El porcentaje de cemento promedio de las tres muestras que representan al lote, (CPL %), tendrá una tolerancia de tres por mil (0.3 %), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (CFT %).

$$CFT\ \% - 0.3\ \% \leq CPL\ \% \leq CFT\ \% + 0.3\ \% \qquad [350.1]$$

A su vez, el porcentaje de cemento de cada muestra individual (CI %), no podrá diferir del valor promedio del lote (CPL %), en más de medio por ciento (0.5 %), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$CPL\ \% - 0.5\ \% \leq CI\ \% \leq CPL\ \% + 0.5\ \% \qquad [350.2]$$

Un porcentaje de cemento promedio (CPL %) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso de cemento, el Constructor demuestre que no habrá problemas de comportamiento de la capa de suelo-cemento.

Si el lote es rechazado, el Constructor deberá levantar la capa y reponerla a satisfacción plena del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material removido será de propiedad del Constructor.

350.5.2.2.2 Resistencia

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada en la obra se moldearán probetas (dos por muestra) según la norma de ensayo INV E-611, para verificar en el laboratorio su resistencia a

compresión simple luego de siete (7) días de curado, de conformidad con un procedimiento similar al realizado durante el diseño de la mezcla. Cada muestra se tomará en un solo sitio de la capa extendida y conformada inmediatamente antes de iniciar la compactación, abarcando todo su espesor.

La resistencia media de las cuatro (4) o más probetas que representan al lote (R_m), deberá ser igual o superior al noventa y dos por ciento (92 %) de la resistencia correspondiente al diseño presentado por el Constructor (R_d) y aprobado por el Interventor, conforme se describe en el numeral 350.4.1.

$$Rm \geq 0.92\ Rd \qquad [350.3]$$

A su vez, la resistencia de cada probeta (R_i) deberá ser igual o mayor al noventa por ciento (90 %) del valor medio, (R_m).

$$Ri \geq 0.90\ Rd \qquad [350.4]$$

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se rechazará el lote al cual representan las muestras. Si el lote es rechazado, el Constructor deberá levantar la capa y reponerla a satisfacción plena del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material removido será de propiedad del Constructor.

350.5.2.3 Calidad de la capa terminada

Para efectos del control, se considerará como "lote" que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500 m) de capa de suelo-cemento.

- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m^2) de capa de suelo-cemento.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y deberá estar ajustada a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se está construyendo, excluyendo sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Interventor. La cota de cualquier punto de la capa compactada, no deberá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además, se deberán realizar los siguientes controles:

350.5.2.3.1 Compactación

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

Para el control de la compactación de una capa de suelo-cemento, se deberá calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de compactación en el laboratorio, mediante la siguiente expresión:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,máx}} \times 100 \qquad [350.5]$$

Siendo:

GCi: Valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

$\gamma_{d,i}$: Valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por

cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164, sin efectuar corrección de ella por presencia de sobretamaños, de manera que corresponda a la muestra total;

$\gamma_{d,máx}$: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-611 "Relaciones humedad-densidad de mezclas de suelo-cemento", realizado sobre una muestra representativa del mismo.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, se aplicarán los siguientes criterios para la aceptación del lote:

GC_l (90) ≥ 98.0 %	se acepta el lote	[350.6]
GC_l (90) < 98.0 %	se rechaza el lote	[350.7]

Siendo:

$GC_l(90)$: Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90%, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del Artículo 107, "Control y aceptación de los trabajos", a partir de los valores individuales del grado de compactación GC_i.

Las verificaciones de compactación se deberán efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Si el lote es rechazado, el Constructor deberá remover la capa y reponerla a satisfacción plena del

Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material removido será de propiedad del Constructor.

350.5.2.3.2 Espesor

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

$$e_m \geq e_d \qquad [350.8]$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, cuando menos, igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d), admitiéndose sólo un valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando este valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.90\ e_d \qquad [350.9]$$

Si se incumple alguno de estos requisitos, se rechazará el lote, En este caso, el Constructor deberá remover la capa y reponerla a satisfacción plena del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material removido será de propiedad del Constructor.

350.5.2.3.3 Planicidad

La superficie acabada no podrá presentar, en ningún punto, zonas de acumulación de agua ni irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm), cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793; la regla se colocará tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que

escoja el Interventor, los cuales no podrán estar afectados por cambios de pendiente.

Todas las áreas de la capa de suelo-cemento donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deberán ser corregidas por el Constructor de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

350.6 MEDIDA

El suelo-cemento se medirá según lo descrito en el numeral 300.6.1 del Artículo 300.

Si los documentos del proyecto indican que suministro del cemento hidráulico se paga por aparte, la unidad de medida de éste será el kilogramo (kg), aproximado al kilogramo completo, incorporado en la mezcla, debidamente aceptada por el Interventor. En este caso, para determinar la cantidad de cemento hidráulico efectivamente incorporado a la mezcla, se tomará el porcentaje de cemento promedio del lote (CPL), determinado en los ensayos de contenido de cemento realizados a la mezcla como se indica en el numeral 350.5.2.2.1, se efectuará el cálculo correspondiente y se aproximará al kilogramo completo.

350.7 FORMA DE PAGO

El suelo-cemento se pagará según lo establecido en el numeral 300.7 del Artículo 300.

El precio unitario debe incluir, además, el costo de la ejecución de la prefisuración mencionada en el numeral 350.4.8, incluyendo el suministro y la aplicación o instalación del producto que impida que las juntas se cierren de nuevo.

Si los documentos del proyecto especifican otro tipo de medidas para evitar o controlar el reflejo de fisuras, como instalación de geosintéticos o construcción de capas asfálticas de mezcla abierta, éstas se pagarán según el ítem correspondiente del contrato.

350.8 ÍTEM DE PAGO

Alternativa I: el precio unitario del suelo-cemento incluye el suministro del cemento

350.1	Suelo-cemento clase SC-D, gradación tipo A (incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m^3)
350.2	Suelo-cemento clase SC-D, gradación tipo B (incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m^3)
350.3	Suelo-cemento clase SC-R, gradación tipo A (incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m^3)
350.4	Suelo-cemento clase SC-R, gradación tipo B (incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m^3)

Alternativa II: el precio unitario del suelo-cemento no incluye el suministro del cemento

350.10	Suelo-cemento clase SC-D, gradación tipo A (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m^3)
350.11	Suelo-cemento clase SC-D, gradación tipo B (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m^3)
350.12	Suelo-cemento clase SC-R, gradación tipo A (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m^3)
350.13	Suelo-cemento clase SC-R, gradación tipo B (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m^3)
350.14	Cemento hidráulico para suelo-cemento	Kilogramo (kg)

BASE TRATADA CON CEMENTO

ARTÍCULO 351 – 13

351.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la construcción de una capa de base tratada con cemento, constituida por una mezcla uniforme de agregados pétreos, cemento hidráulico, agua y eventualmente aditivos, de acuerdo con las dimensiones, alineamientos y secciones indicados en los documentos del proyecto o determinados por el Interventor.

351.2 MATERIALES

351.2.1 Clases de agregados para base tratada con cemento

Se definen dos clases de agregados para base tratada con cemento en función de su calidad (clases A y B), como se indica en la Tabla 351 - 2. Los documentos del proyecto definirán la clase de agregado por utilizar en el proyecto; así mismo, definirán el tipo de granulometría por emplear.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, las clases de agregado se usarán como se indica en la Tabla 351 - 1, en función del nivel de tránsito del proyecto.

Tabla 351 - 1. Uso típico de las diferentes clases de agregado para base tratada con cemento

CLASE DE AGREGADO PARA BASE TRATADA CON CEMENTO	NIVEL DE TRÁNSITO
Clase B	NT2
Clase A	NT3

351.2.2 Requisitos de calidad de los agregados

Los agregados deberán estar libres de materia orgánica u otra sustancia que pueda perjudicar el correcto fraguado del cemento. También, deberán cumplir los requisitos generales que se indican en la Tabla 351 - 2, y se deberán ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la Tabla 351 - 3.

Tabla 351 - 2. Requisitos de los agregados para base de tratada con cemento

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INV	CLASE DE AGREGADO	
		CLASE B	CLASE A
Dureza (O)			
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones - 100 revoluciones	E-218	 40 8	 35 7
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	30	25
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínimo (%)	E-224	 70 75	 90 75
Durabilidad (O)			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	 12 18	 12 18
Limpieza (F)			
Límite líquido, máximo (%)	E-125	-	-
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	0	0
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	30	30
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 1)	E-235	10	10
Contenido de materia orgánica, máximo (%)	E-121	1	1
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%)	E-211	2	2
Geometría de las partículas (F)			
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%)	E-230	-	35
Caras fracturadas (una cara), mínimo (%)	E-227	50	60
Resistencia del material (F)			
CBR para una compactación del 95 % del ensayo modificado de compactación (norma INV E-142), medido en una muestra sometida a cuatro días de inmersión, mínimo (%).	E-148	60	80
Características químicas (O)			
Proporción de sulfatos del material combinado, expresado como $SO_4^=$, máximo (%)	E-233	0.5	
Reactividad álcali - agregado: Concentración SiO_2 y reducción de alcalinidad R	E-234	$SiO_2 \leq R$ cuando $R \geq 70$ $SiO_2 \leq 35 + 0.5R$ cuando $R < 70$	

Nota 1: El ensayo de valor de azul de metileno solo será exigido cuando el equivalente de arena del material sea inferior a treinta (30), pero igual o superior a veinticinco (25).

Tabla 351 - 3. Requisitos granulométricos del agregado para base tratada con cemento

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	1 ½"	1"	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
	% PASA							
BTC-38	100	70-100	60-90	45-75	30-60	20-45	10-30	2-15
BTC-25	-	100	70-100	50-80	35-65	25-50	15-30	2-15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	6 %			3 %			1.5 %

351.2.3 Cemento

El cemento para la base tratada con cemento deberá ser cemento hidráulico de uso general, el cual deberá cumplir lo especificado en el Artículo 501, "Suministro de cemento hidráulico".

No se permitirá el empleo de cemento que haya fraguado parcialmente o que contenga terrones del producto endurecido. Tampoco se permitirá el empleo de cemento extraído de bolsas usadas en jornadas anteriores.

351.2.4 Agua

El agua que se requiera para la base tratada con cemento deberá ser limpia y deberá estar libre de materia orgánica, álcalis y otras sustancias perjudiciales. Puede ser agua potable; si no lo es, deberá cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 351 - 4.

Tabla 351 - 4. Requisitos del agua no potable para base tratada con cemento

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO ASTM	REQUISITO
pH	D 1293	5.5 - 8.0
Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^=$, g/l máximo	D 516	1.0

351.2.5 Aditivos

Los documentos del proyecto pueden establecer el uso de aditivos para obtener la trabajabilidad adecuada o mejorar las características de la mezcla.
Así mismo, el Constructor puede poner a consideración del Interventor el empleo de aditivos con los mismos propósitos; en particular, el empleo de retardadores de fraguado para extender el tiempo de trabajo de las mezclas.

En todos los casos, los aditivos que se empleen deberán cumplir los requerimientos de la especificación ASTM C 494; además, el Constructor deberá realizar los ensayos que demuestren que los aditivos cumplen su función prevista con los materiales y dosificaciones previstos en la fórmula de trabajo.

351.3 EQUIPO

Básicamente, el equipo estará constituido por equipos para la elaboración de la mezcla (planta de mezcla o máquina estabilizadora), motoniveladora, compactadores metálico vibratorio y de llantas, carrotanques para aplicar agua y el material de curado de la capa compactada, equipo para la formación de las juntas, elementos de transporte y herramientas menores.

Si los documentos técnicos del proyecto así lo indican, la extensión de la mezcla elaborada en planta se deberá hacer con una máquina extendedora autopropulsada.

351.3.1 Equipo para la elaboración de la mezcla de base tratada con cemento

Los documentos del contrato definirán el tipo de equipo para elaborar la base tratada con cemento, dentro de las siguientes opciones: planta de mezcla y máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio La máquina estabilizadora debe ser de paso sencillo, es decir, capaz de producir una mezcla homogénea en una sola pasada.

Si los documentos del proyecto no definen el equipo, se dará por definido el uso de una máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio. Si exigen la preparación de la mezcla en una planta, ellos deberán establecer en detalle las características de la planta y el procedimiento para la ejecución de la mezcla de base tratada con cemento; si no lo establecen,

se aplicarán las características de la planta y los procedimientos descritos en el Artículo 500, “Pavimento de concreto hidráulico“.

En cualquier caso, el equipo para la mezcla que suministre el Constructor deberá ser capaz de lograr una completa homogenización de los componentes, dentro de las tolerancias establecidas en este Artículo.

351.3.2 Equipos para explotación y el manejo de materiales

El equipo deberá incluir, también, elementos para la explotación de los agregados, el cargue, el transporte, la clasificación y la trituración, cuando ella se requiera.

351.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

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

351.4.1.1 Energía de referencia para la compactación

La energía de referencia para la compactación en la construcción de las capas de base tratada con cemento será establecida en los documentos técnicos del proyecto, en función del tipo de material granular por estabilizar, del nivel de tránsito, del tipo de pavimento y de la capacidad de soporte de la subrasante.

Todas las probetas necesarias para evaluar las propiedades de la mezcla se elaborarán con la humedad óptima y el peso unitario seco máximo correspondientes a dicha energía de referencia, según los criterios de la Tabla 351 - 5; así mismo, los controles de compactación se efectuarán comparando los resultados de los ensayos de densidad en el terreno contra los resultados del ensayo de compactación en el laboratorio efectuado con esa energía.

Si los documentos técnicos del proyecto no indican otra cosa, la energía de referencia para la compactación será la correspondiente al ensayo modificado de compactación, norma de ensayo INV E-142.

351.4.1.2 Diseño de la mezcla

La mezcla de base tratada con cemento se diseñará mediante los criterios de resistencia a la compresión indicados en la Tabla 351 - 6. El contenido mínimo de cemento será aquel que permita cumplir con los parámetros definidos en la tabla citada, pero en ningún caso será inferior a cuatro por ciento (4 %) de la masa seca del material por estabilizar.

Tabla 351 - 5. Procedimiento la preparación de probetas en mezclas base tratada con cemento

CARACTERÍSTICA	DENSIDAD MÁXIMA DE REFERENCIA	
	ENERGÍA DE COMPACTACIÓN NORMAL	ENERGÍA DE COMPACTACIÓN MODIFICADA
Ensayo de referencia para la energía de compactación	INV E-141	INV E-142
Determinación del peso unitario seco máximo y preparación de probetas para prueba de compresión	INV E-611 ajustado - Molde: 3243 cm^3 - Masa martillo: 4.536 kg - Caída martillo: 457 mm - No. capas: 7 - Golpes/capa: 13	INV E-611 ajustado - Molde: 3243 cm^3 - Masa martillo: 4.536 kg - Caída martillo: 457 mm - No. capas: 7 - Golpes/capa: 61

Nota 1: el ajuste en la norma INV E-611 se refiere al cambio del molde, el martillo, el número de capas y el número de golpes por capa.

Nota 2: el molde de 3243 cm^3 corresponde al del ensayo de CBR (norma de ensayo INV E-148) sin el disco espaciador o falso fondo; sus dimensiones son: 152,4 mm ± 0.66 mm (6 ± 0.026") de diámetro interior y 177,8 ± 0.46 mm (7 ± 0.018") de altura. Se deberá usar con una base sin perforaciones, como la que se emplea para la realización del ensayo de compactación modificado, norma de ensayo INV E-142, método C.

Nota 3: para la preparación de las probetas se tendrá en cuenta lo siguiente: si todo el material pasa el tamiz de 19 mm (¾"), se deberá usar la gradación entera, sin modificación, para fabricar los especímenes para ensayo. Si hay partículas retenidas en dicho tamiz, ellas se deberán remover y reemplazar por una cantidad igual, en masa, de material que pase el tamiz de 19 mm (¾") y quede retenido en el tamiz de 4.75 mm (No. 4), obtenido de porciones de la muestra total que no se van a usar para el ensayo

Tabla 351 - 6. Criterios de diseño para la mezcla de base tratada con cemento

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE RESISTENCIA	
		R 3.5	R 5.2
Resistencia			
Comportamiento de la resistencia con: - Incremento en el contenido de cemento - Incremento en la edad	E-614 ajustado	Crece Crece	
Resistencia a la compresión a 7 días, MPa - Mínima - Máxima	E-614 ajustado	3.5 7.0	5.2 7.0

Nota 1: el ajuste en la norma de ensayo INV E-614 se refiere a la modificación de las dimensiones de las probetas, las cuales serán elaboradas según las indicaciones de la Tabla 351 - 5.

Los documentos del proyecto definirán el nivel de resistencia por emplear para la base tratada con cemento del proyecto; podrán también definir un nivel de resistencia diferente a los indicados en la Tabla 351 - 6.

351.4.1.3 Fórmula de trabajo

Dentro de la franja granulométrica elegida, el Constructor propondrá al Interventor una "Fórmula de trabajo" a la cual se deberá ajustar durante la construcción de la capa, con las tolerancias que se indican en la Tabla 351 - 3, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada.

La fórmula de trabajo establecida como resultado del diseño de la mezcla deberá indicar:

- La granulometría del agregado
- El tipo y la marca de cemento empleado en el diseño
- El contenido óptimo de cemento (CFT %)
- El valor de resistencia a compresión a los 7 días (R_d)

- Los porcentajes óptimos de agua para mezcla y compactación
- El tipo y la dosificación de los aditivos por emplear, si se requieren

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se podrá ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación; la fórmula ajustada deberá cumplir con los requisitos establecidos para el diseño de la mezcla.

Si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla o la curva granulométrica incumple las tolerancias que se indican en la Tabla 351 - 3, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

351.4.2 Fase de experimentación

Al comienzo de los trabajos, el Constructor elaborará secciones de ensayo de longitud, ancho y espesor definidos de acuerdo con el Interventor, donde se probará el equipo y se determinará el método definitivo de trabajo, de manera que se cumplan los requisitos de la presente especificación.

Con base en los resultados que se obtengan a partir de muestras tomadas de la base tratada con cemento, el Interventor evaluará su conformidad en relación con las condiciones especificadas sobre humedad, espesor de la capa, proporción de cemento y demás requisitos exigidos.

En caso que los ensayos indicasen que la base tratada con cemento no se ajusta a dichas condiciones, deberá ser removida y reemplazada por el Constructor a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías; antes de efectuar el reemplazo, el Constructor deberá hacer las modificaciones necesarias a los equipos y procedimientos de construcción y, si fuese preciso, modificar el diseño.

El proceso se repetirá cuantas veces sea necesario hasta que las secciones de ensayo resulten satisfactorias para el Interventor.

351.4.3 Preparación de la superficie existente

El Interventor sólo autorizará la colocación de material de base tratada con cemento cuando la superficie sobre la cual se debe asentar tenga la compactación apropiada y las cotas y secciones indicadas en los planos o definidas por él, con las tolerancias establecidas. Además, deberá estar concluida la construcción de las cunetas, desagües y filtros necesarios para el drenaje de la calzada.

Si en la superficie de apoyo existen irregularidades que excedan las tolerancias determinadas en la especificación de la capa de la cual forma parte, de acuerdo con lo que se prescribe en la unidad de obra correspondiente, el Constructor hará las correcciones necesarias, a satisfacción del Interventor.

351.4.4 Transporte y almacenamiento de agregados

Los agregados se transportarán en vehículos apropiados protegidos con lonas u otros cobertores adecuados, asegurándolos a la carrocería de manera de impedir que parte del material caiga sobre las vías por las cuales transitan los vehículos.

Cuando se requiera almacenar los agregados, se deberá tener en cuenta lo indicado en el numeral 300.4.3 del Artículo 300.

351.4.5 Elaboración de la mezcla

351.4.5.1 Mezcla en planta

Si los documentos del proyecto exigen la preparación de la mezcla en una planta, en ellos se deberá establecer en detalle el procedimiento para la ejecución de los trabajos; si no lo establecen, se aplicarán los procedimientos para la elaboración y transporte de la mezcla descritos en el Artículo 500, “Pavimento de concreto hidráulico“.

La mezcla elaborada en la planta se transportará al sitio en volquetas estancas y cubiertas, aptas para el transporte de concreto, cumpliendo con los requisitos y los procedimientos establecidos en los numerales 500.3.2 y 500.4.6 del Artículo 500.

351.4.5.2 Mezcla en vía

351.4.5.2.1 Conformación inicial de los agregados

Los agregados sin cemento se deberán conformar a la sección transversal mostrada en los planos, mediante el empleo de motoniveladora.

351.4.5.2.2 Aplicación del cemento

El cemento se podrá aplicar en bolsas o a granel. En cualquier caso, se esparcirá sobre el agregado empleando el procedimiento aceptado por el Interventor durante la fase de experimentación, de manera que se esparza la cantidad requerida según el diseño más la cantidad prevista por desperdicios, a todo lo ancho de la capa de base tratada con cemento. Durante la aplicación del cemento, la humedad del material no podrá ser superior a la definida durante el proceso de diseño como adecuada para lograr una mezcla íntima y uniforme del material con el cemento. Sobre el cemento esparcido sólo se permitirá el tránsito del equipo que lo va a mezclar con el material.

351.4.5.2.3 Mezcla

Inmediatamente después de ser esparcido el cemento, se efectuará la mezcla, empleando el equipo aprobado, hasta obtener de una mezcla homogénea. La humedad de la mezcla deberá ser la establecida en la fórmula de trabajo, con una tolerancia de más o menos uno por ciento (+/- 1 %).

351.4.6 Extensión y conformación

La mezcla elaborada vía se extenderá en todo el ancho previsto en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de experimentación, y se conformará a la sección transversal de la calzada.

Si los documentos técnicos del proyecto así lo indican, la extensión y la conformación de la mezcla elaborada en planta se deberá hacer con una

máquina extendedora autopropulsada. En caso contrario, la operación se realizará con motoniveladora.

En cualquier caso, la cantidad de material extendido y conformado deberá ser tal, que el espesor de la capa compactada no resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor de la base tratada con cemento por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se deberá colocar en dos o más capas, procurándose que el espesor de cada una de ellas sea sensiblemente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm).

El material extendido y conformado deberá mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes. El Interventor no permitirá la colocación de la capa siguiente, antes de verificar y aprobar la compactación de la precedente.

351.4.7 Prefisuración

Cuando los documentos técnicos del proyecto así lo indiquen, se efectuará una prefisuración de las capas de base tratada con cemento antes de iniciar su compactación. La necesidad de efectuar la prefisuración dependerá de factores tales como el tipo de rodadura, la resistencia del material tratado con cemento y el tipo de medidas que eventualmente contemple el proyecto para evitar o controlar que el desarrollo de fisuras de contracción en la base tratada con cemento deteriore el pavimento; uno de los criterios para decidir si se requiere la prefisuración puede ser que se superen las resistencias máximas de la mezcla mencionadas en la Tabla 351 - 6.

La prefisuración consistirá en la ejecución de juntas transversales en fresco, es decir, del material extendido pero sin compactar. El diseño establecerá la distancia a la cual se deben realizar las juntas transversales en fresco; en general, la separación entre juntas estará comprendida entre tres y cuatro metros (3 a 4 m).

Para la ejecución de las juntas transversales en fresco, se utilizarán equipos que efectúen en cada pasada un surco recto que penetre al menos dos tercios (2/3) del espesor de la capa y que, al mismo tiempo, introduzca en él un producto adecuado para impedir que la junta se cierre de nuevo. Este producto podrá consistir en una emulsión bituminosa de rotura rápida, una cinta de plástico flexible, un perfil ondulado de plástico rígido u otros sistemas que además de impedir que se cierre de nuevo la

junta durante la compactación, permitan la transmisión de cargas entre los dos lados de la junta.

Se emplearán el equipo y el método de ejecución aprobados por el Interventor, cuya eficacia haya sido comprobada después de la realización de la fase de experimentación.

351.4.8 Compactación

La compactación de la mezcla se realizará de acuerdo con el plan propuesto por el Constructor y aprobado por el Interventor durante la fase previa de experimentación.

El proceso de compactación deberá ser tal que evite la formación de una costra o capa superior delgada, débilmente adherida al resto de la capa de base tratada con cemento. En caso de que ella se produzca, deberá ser eliminada hasta obtener una superficie uniforme y compacta.

Los trabajos de compactación deberán ser terminados en un lapso no mayor de dos (2) horas desde el inicio de la mezcla. Las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitan el empleo del equipo de mezcla y compactación aprobado durante la fase de experimentación, se compactarán con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación. Una vez terminada la compactación, la superficie se deberá mantener húmeda hasta que se aplique el riego de curado o hasta que se construya la capa superior.

Cuando la base tratada con cemento se deba construir en varias capas, las operaciones se deberán adelantar de tal forma que se pueda completar el espesor total de base tratada con cemento en un tiempo no mayor que 2 horas; si se usan aditivos retardadores, este tiempo se puede extender según se defina en la fase de experimentación. Alternativamente, la superficie de la capa inferior de base tratada con cemento se deberá mantener húmeda en forma permanente mediante riego por aspersión hasta la colocación de la capa superior, la cual deberá ser extendida y compactada en un lapso de tiempo no mayor a 7 días después de terminada la capa inferior.

351.4.9 Juntas de trabajo

Las juntas entre trabajos realizados en días sucesivos se deberán cuidar para proteger la capa construida cuando se vaya a esparcir y compactar la adyacente. Para ello, al término de la jornada de trabajo se formará una junta transversal perpendicular al eje de la calzada, haciendo un corte vertical en el material compactado.

Si la capa de base tratada con cemento no se construye en todo el ancho de la calzada sino por franjas, se deberán disponer también, mediante un procedimiento aceptable para el Interventor, juntas longitudinales en corte vertical y paralelas al eje longitudinal de la calzada.

351.4.10 Curado de la capa compactada

Terminada la compactación de la capa de base tratada con cemento, ésta se deberá proteger contra pérdidas de humedad por un período no menor de siete (7) días, mediante la aplicación de una película bituminosa con emulsión de rotura rápida tipo CRR-1, conforme se establece en el Artículo 422, “Riego de curado”.

Si la aplicación del riego de curado no se hace inmediatamente después de terminada la compactación, se deberá mantener la humedad de la superficie mediante riego por aspersión.

Cuando la base tratada con cemento se deba construir en varias capas, no se aplicará el riego de curado sobre la superficie de la capa inferior de base tratada con cemento, sino que ésta se deberá mantener húmeda en forma permanente mediante riego por aspersión hasta la colocación de la capa superior.

En el momento de aplicar el riego, que en ningún caso puede ser después de veinticuatro (24) horas después de terminada la compactación, la superficie de la capa de base tratada con cemento deberá presentar un aspecto denso y homogéneo y contener la humedad suficiente que permita el curado.

351.4.11 Apertura al tránsito

La capa de base tratada con cemento sólo se podrá abrir al tránsito público y al de los equipos de construcción a los siete (7) días de su compactación. La apertura será inicialmente durante un tiempo corto que permita verificar el comportamiento de la capa compactada y localizar las

áreas que deban ser objeto de corrección. Como resultado de lo observado en esta apertura parcial, el Interventor definirá el instante de apertura definitiva de la capa compactada, al tránsito público.

351.4.12 Limitaciones en la ejecución

La construcción de la base tratada con cemento sólo se podrá llevar a cabo cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea superior a cinco grados Celsius (5° C) y cuando no haya lluvia o temores fundados de que ella se produzca. En caso de que la mezcla sin compactar sea afectada por agua lluvia y como resultado de ello la humedad de la mezcla supere a la establecida en la fórmula de trabajo en más de uno por ciento (1 %), el Constructor deberá retirar la mezcla afectada y reconstruir el sector deteriorado a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

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

351.4.13 Manejo ambiental

Se aplicará lo pertinente del numeral 300.4.8 del Artículo 300, “Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases granulares y bases granulares y estabilizadas”.

351.4.14 Conservación de la capa terminada

El Constructor deberá conservar la capa de base tratada con cemento en perfectas condiciones, hasta que se construya la capa superior prevista en los documentos del proyecto. Todo daño que se presente deberá corregirlo a plena satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

351.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

351.5.1 Controles

En adición a lo indicado en el numeral 300.5.1 del Artículo 300, se deberán efectuar ensayos de control de la mezcla y, una vez compactada, de densidad, espesor y planicidad de la capa terminada.

351.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

351.5.2.1 Calidad de los materiales

351.5.2.1.1 Calidad los agregados

De cada fuente de agregados por utilizar en la producción de la base tratada con cemento y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y se ejecutarán los ensayos que permitan verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en el numeral 351.2.2.

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. Además, se efectuarán las verificaciones periódicas indicadas en la Tabla 351 - 7.

El Interventor podrá adelantar las pruebas adicionales que le permitan tener certeza de la calidad de los agregados, de acuerdo con las exigencias de la presente especificación.

Tabla 351 - 7. Verificaciones periódicas sobre los agregados para base tratada con cemento

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Limpieza (F)		
Límite líquido	E-125	1 por jornada
Índice de plasticidad	E-125 y126	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana
Valor de azul de metileno (si aplica)	E-235	1 por semana
Contenido de materia orgánica	E-121	1 por semana
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables	E-211	1 por semana
Geometría de las partículas (F)		
Índices de alargamiento y aplanamiento	E-230	1 por semana
Caras fracturadas	E-227	1 por jornada
Resistencia del material (F)		
CBR	E-148	1 por mes

El Interventor podrá reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 351 - 7, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

Cuando el Interventor considere que las características del material que está siendo explotado en una fuente han cambiado, se deberán repetir todos los ensayos especificados en la Tabla 351 - 2 y adoptar los correctivos que sean necesarios.

En la eventualidad de que el resultado de alguna prueba sea insatisfactorio, se tomarán dos (2) muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

No se permitirá el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos de calidad indicados en el numeral 351.2.

351.5.2.1.2 Calidad del cemento

Cada vez que el Interventor lo considere necesario, se efectuarán los ensayos de control que permitan verificar la calidad del cemento.

Por ningún motivo se permitirá el empleo del cemento endurecido o cuya fecha de vencimiento haya sido superada.

351.5.2.1.3 Calidad del agua

Siempre que tenga alguna sospecha sobre la calidad del agua empleada, se verificarán su pH y su contenido de sulfatos.

351.5.2.1.4 Calidad de los aditivos y productos de curado

El Constructor deberá presentar certificaciones periódicas de los fabricantes o de los proveedores de estos productos, que brinden garantía en cuanto a la calidad y a la conveniencia de su utilización, para la revisión y eventual autorización de uso por parte del Interventor.

351.5.2.2 Calidad de la mezcla

351.5.2.2.1 Contenido de cemento

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 351.5.2.3, se determinará el contenido de cemento (norma de ensayo INV E-617). Cada muestra se tomará en un solo sitio de la capa extendida y conformada inmediatamente antes de iniciar la compactación, abarcando todo su espesor.

El porcentaje de cemento promedio de las tres muestras que representan al lote, (CPL %), tendrá

una tolerancia de tres por mil (0.3 %), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (CFT %).

$$CFT\ \% - 0.3\ \% \leq CPL\ \% \leq CFT\ \% + 0.3\ \% \quad [351.1]$$

A su vez, el porcentaje de cemento de cada muestra individual (CI %), no podrá diferir del valor promedio del lote (CPL %), en más de medio por ciento (0.5 %), admitiéndose un (1) solo valor por fuera de ese intervalo.

$$CPL\ \% - 0.5\ \% \leq CI\ \% \leq CPL\ \% + 0.5\ \% \quad [351.2]$$

Un porcentaje de cemento promedio (CPL %) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso de cemento, el Constructor demuestre que no habrá problemas de comportamiento de la capa de base tratada con cemento.

Si el lote es rechazado, el Constructor deberá levantar la capa y reponerla a satisfacción plena del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material removido será de propiedad del Constructor.

351.5.2.2.2 Resistencia

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada en la obra se moldearán probetas (dos por muestra) según los criterios de la Tabla 351 - 5, para verificar en el laboratorio su resistencia a compresión simple luego de siete (7) días de curado, de conformidad con un procedimiento similar al realizado durante el diseño de la mezcla. Cada muestra se tomará en un solo sitio de la capa extendida y conformada inmediatamente antes de iniciar la compactación, abarcando todo su espesor.

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

$$Rm \geq 0.92\ Rd \qquad [351.3]$$

A su vez, la resistencia de cada probeta (R_i) deberá ser igual o mayor al noventa por ciento (90%) del valor medio, (R_m).

$$Ri \geq 0.90\ Rd \qquad [351.4]$$

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se rechazará el lote al cual representan las muestras. Si el lote es rechazado, el Constructor deberá levantar la capa y reponerla a satisfacción plena del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material removido será de propiedad del Constructor.

351.5.2.3 Calidad de la capa terminada

Para efectos del control, se considerará como "lote" que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500 m) de capa de base tratada con cemento.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m^2) de capa de base tratada con cemento.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y deberá estar ajustada a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde

de la capa que se está construyendo, excluyendo sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Interventor. La cota de cualquier punto de la capa compactada, no deberá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además, se realizarán los siguientes controles:

351.5.2.3.1 Compactación

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

Para el control de la compactación de una capa de base tratada con cemento, se deberá calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de compactación en el laboratorio, mediante la siguiente expresión:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,máx}} \times 100 \qquad [351.5]$$

Siendo:

GCi: Valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

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

$\gamma_{d,máx}$: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según los criterios de la Tabla 351 - 5 sobre una muestra representativa del mismo.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, se aplicarán los siguientes criterios para la aceptación del lote:

GC_l (90) ≥ 98.0 %	se acepta el lote	[351.6]
GC_l (90) < 98.0 %	se rechaza el lote	[351.7]

Siendo:

GC_l(90): Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90%, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del Artículo 107, "Control y aceptación de los trabajos", a partir de los valores individuales del grado de compactación GC_i.

Las verificaciones de compactación se deberán efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Si el lote es rechazado, el Constructor deberá levantar la capa y reponerla, a costa y cargo suyo, a satisfacción del Interventor. El material removido será de propiedad del Constructor.

351.5.2.3.2 Espesor

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

$$e_m \geq e_d \quad [351.8]$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i), deberá ser cuando menos igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d), admitiéndose sólo un valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando este valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.9\ e_d \quad [351.9]$$

Si se incumple alguno de estos requisitos, se rechazará el lote. En este caso, el Constructor deberá remover la capa y reponerla a satisfacción plena del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material removido será de propiedad del Constructor.

351.5.2.3.3 Planicidad

Inmediatamente después de la compactación, se comprobará la uniformidad de la superficie de la obra ejecutada mediante la regla de tres metros (3 m), según norma de ensayo INV E-793, en todos los sitios que el Interventor lo considere conveniente; la regla se colocará tanto paralela como normalmente al eje de la vía y no se admitirán variaciones superiores a diez milímetros (10 mm), para cualquier punto que no esté afectado por un cambio de pendiente.

Todas las áreas de la capa de base tratada con cemento donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deberán ser corregidas por el Constructor de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

351.6 MEDIDA

La base tratada con cemento se medirá según lo descrito en el numeral 300.6.1 del Artículo 300.

Si los documentos del proyecto indican que suministro del cemento hidráulico se paga por aparte, la unidad de medida de éste será el kilogramo (kg), aproximado al kilogramo completo, incorporado en la mezcla, debidamente aceptada por el Interventor. En este caso, para determinar la cantidad de cemento hidráulico efectivamente incorporado a la mezcla se tomará el porcentaje de cemento promedio del lote (CPL), determinado en los ensayos de contenido de cemento realizados a la mezcla como se indica en el numeral 351.5.2.2.1, se efectuará el cálculo correspondiente y se aproximará al kilogramo completo.

351.7 FORMA DE PAGO

La base trata con cemento se pagará según lo que sea aplicable del numeral 300.7 del Artículo 300.

El precio unitario debe incluir, además, el costo de la ejecución de la prefisuración mencionada en el numeral 351.4.7, incluyendo el suministro y la aplicación o instalación del producto que impida que las juntas se cierren de nuevo.

Si los documentos del proyecto especifican otro tipo de medidas para evitar o controlar el reflejo de fisuras, como instalación de geosintéticos o construcción de capas asfálticas de mezcla abierta, éstas se pagarán según el ítem correspondiente del contrato.

351.8 ÍTEM DE PAGO

Alternativa I: el precio unitario de base tratada con cemento incluye el suministro del cemento

351.1	Base tratada con cemento, resistencia R3.5 (incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m^3)
351.2	Base tratada con cemento, resistencia R5.2 (incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m^3)

Alternativa II: el precio unitario de base tratada con cemento no incluye el suministro del cemento

351.10	Base tratada con cemento, resistencia R3.5 (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m^3)
351.11	Base tratada con cemento, resistencia R5.2 (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m^3)
351.12	Cemento hidráulico para base tratada con cemento	Kilogramo (kg)