

CAPÍTULO 4 – PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

- ART. 400 DISPOSICIONES GENERALES PARA LA EJECUCIÓN DE RIEGOS DE IMPRIMACIÓN, LIGA Y CURADO, TRATAMIENTOS SUPERFICIALES, SELLOS DE ARENA ASFALTO, LECHADAS ASFÁLTICAS, MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FRÍO Y EN CALIENTE Y RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS
- ART. 410 SUMINISTRO DE CEMENTO ASFÁLTICO
- ART. 411 SUMINISTRO DE EMULSIÓN ASFÁLTICA
- ART. 412 SUMINISTRO DE ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA
- ART. 413 SUMINISTRO DE CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO CON GRANO DE CAUCHO RECICLADO
- ART. 414 SUMINISTRO DE CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO CON POLÍMEROS
- ART. 415 SUMINISTRO DE EMULSIÓN ASFÁLTICA MODIFICADA CON POLÍMEROS
- ART. 416 SUMINISTRO DE ASFALTO LÍQUIDO PARA RIEGOS DE IMPRIMACIÓN
- ART. 420 RIEGO DE IMPRIMACIÓN
- ART. 421 RIEGO DE LIGA
- ART. 422 RIEGO DE CURADO
- ART. 430 TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE
- ART. 431 TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE
- ART. 432 SELLO DE ARENA - ASFALTO
- ART. 433 LECHADA ASFÁLTICA
- ART. 440 MEZCLA DENSA EN FRÍO

ART. 441	MEZCLA ABIERTA EN FRÍO
ART. 450	MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE DE GRADACIÓN CONTINUA (CONCRETO ASFÁLTICO)
ART. 451	MEZCLA ABIERTA EN CALIENTE
ART. 452	MEZCLA DISCONTINUA EN CALIENTE PARA CAPA DE RODADURA (MICROAGLOMERADO EN CALIENTE)
ART. 453	MEZCLA DRENANTE
ART. 460	FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO
ART. 461	RECICLADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN FRÍO EN EL LUGAR EMPLEANDO LIGANTES BITUMINOSOS
ART. 462	RECICLADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN PLANTA Y EN CALIENTE
ART. 464	GEOTEXILES PARA REPAVIMENTACIÓN
ART. 465	EXCAVACIÓN PARA REPARACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EXISTENTE
ART. 466	SELLO DE GRIETAS EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

DISPOSICIONES GENERALES PARA LA EJECUCIÓN DE RIEGOS DE IMPRIMACIÓN, LIGA Y CURADO, TRATAMIENTOS SUPERFICIALES, SELLOS DE ARENA ASFALTO, LECHADAS ASFÁLTICAS, MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FRÍO Y EN CALIENTE Y RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

ARTÍCULO 400 – 13

400.1 DESCRIPCIÓN

Esta especificación presenta las disposiciones que son generales a los trabajos de imprimación, riegos de liga y de curado; tratamientos superficiales, sellos de arena-asfalto y lechadas asfálticas; bases, capas de mezcla asfáltica, bacheos asfálticos en frío y en caliente y reciclados con productos bituminosos, a los cuales se refiere el Capítulo 4 de las presentes Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras.

400.2 MATERIALES

400.2.1 Agregados pétreos y llenante mineral

400.2.1.1 Denominación

La Tabla 400 - 1 muestra la denominación del agregado según su tamaño, para el objeto de las especificaciones del Capítulo 4.

Tabla 400 - 1. Denominación de los agregados minerales

DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN
Agregado grueso	Porción del agregado retenida en el tamiz de 4.75 mm (No. 4).
Agregado fino	Porción del agregado comprendida entre los tamices de 4.75 mm y 75 μ m (No. 4 y No. 200)
Llenante mineral – Llenante mineral de aporte	Porción que pasa el tamiz de 75 μ m (No. 200). – Fracción del llenante que se incorpora a la mezcla por separado.

400.2.1.2 Aspectos generales

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

El Constructor, como responsable de los materiales que suministre para la ejecución de los trabajos, deberá realizar todos los ensayos necesarios para establecer la calidad e inalterabilidad de los agregados por utilizar, independiente y complementariamente de los que taxativamente se exigen en estas especificaciones.

Los agregados pétreos deberán poseer una naturaleza tal, que al aplicársele una capa del material asfáltico por utilizar en el trabajo, ésta no se desprenda por la acción del agua y del tránsito. Sólo se admitirá el empleo de agregados con características hidrófilas, si se añade algún aditivo de comprobada eficacia para proporcionar una adhesividad satisfactoria, de acuerdo con las exigencias establecidas en cada uno de los Artículos.

400.2.1.2.1 Agregado grueso

El agregado grueso deberá proceder de la trituración y clasificación de roca y/o grava; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables.

Estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan impedir la adhesión completa del asfalto.

400.2.1.2.2 Agregado fino

El agregado fino estará constituido por arena de trituración o una mezcla de ella con arena natural. La proporción admisible de esta última dentro del

conjunto se encuentra definida en la respectiva especificación. Los granos del agregado fino deberán ser duros, limpios y de superficie rugosa y angular. El material deberá estar libre de cualquier sustancia que impida la adhesión del asfalto.

400.2.1.2.3 Llenante mineral

El llenante mineral podrá provenir de los procesos de trituración y clasificación de los agregados pétreos o podrá ser de aporte como producto comercial, generalmente cal hidratada o cemento hidráulico.

400.2.1.2.4 Requisitos de calidad

Los requisitos específicos de calidad de los agregados grueso y fino y del llenante mineral se especifican en los diferentes Artículos del Capítulo 4 de estas especificaciones.

400.2.1.3 Productos asfálticos

Los cementos asfálticos, emulsiones asfálticas y asfaltos líquidos deberán cumplir con los requisitos establecidos en los siguientes Artículos del Capítulo 4 de estas especificaciones.

- Cementos asfálticos: Artículo 410;
- Cementos asfálticos modificados con polímeros: Artículo 414;
- Cementos asfálticos modificados con grano de caucho reciclado: Artículo 413;
- Emulsiones asfálticas: Artículo 411;
- Emulsiones asfálticas modificadas con polímeros: Artículo 415;
- Asfalto líquido: Artículo 416.

400.2.2 Aditivos mejoradores de adherencia

Los aditivos mejoradores de adherencia se deberán ajustar a lo descrito en el Artículo 412.

400.3 EQUIPO

Todos los equipos empleados deberán ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requieren la aprobación previa del Interventor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obras y al cumplimiento de las exigencias de calidad del presente Artículo y del correspondiente a la respectiva partida de trabajo.

400.3.1 Equipo para la elaboración de los agregados triturados

La planta de trituración estará provista de una trituradora primaria, una secundaria y una terciaria siempre que ésta última se requiera; deberá incluir también una clasificadora y, de ser necesario, un equipo de lavado.

400.3.2 Planta para fabricación de mezclas asfálticas en caliente

La mezcla de concreto asfáltico se fabricará en plantas de asfalto de secamiento continuo, con sistema de mezclado y entrega tipo continuo o discontinuo y con un sistema de dosificación de agregados en frío o en caliente capaz de manejar simultáneamente el número de fracciones de agregado que exija la fórmula de trabajo adoptada, cumpliendo con las tolerancias especificadas en el Artículo correspondiente al tipo de mezcla que se vaya a elaborar.

Las plantas productoras de mezcla asfáltica deberán cumplir lo establecido en la reglamentación vigente sobre protección y control de vertimientos y de calidad del aire; para su funcionamiento en la obra se deberá presentar previamente al Instituto Nacional de Vías la autorización correspondiente o el permiso vigente de emisiones atmosféricas, expedido por la entidad nacional o regional encargada de otorgar tales permisos.

Para la fabricación de mezclas asfálticas en caliente, se podrán usar plantas de los tipos y características indicados en la Tabla 400 - 2.

Tabla 400 - 2. Tipos de plantas para la fabricación de mezclas asfálticas en caliente

TIPO DE PLANTA		REQUISITOS
De mezcla discontinua (o de bachada)		Numeral 400.3.2.2
De mezcla continua	Tambor secador – mezclador	Numeral 400.3.2.3
	Mezclador de ejes paralelos	Numeral 400.3.2.4
	Mezclador de tambor	

400.3.2.1 Requisitos para todas las plantas

400.3.2.1.1 Automatización

La operación de la planta deberá ser totalmente automática. Se deberá disponer de un cuarto de control con condiciones de higiene y comodidad adecuadas para el personal de operación. Deberá tener un tablero o consola que reúna en un solo sitio toda la información sobre las temperaturas, tanto de los gases como de los diferentes insumos y materiales, sobre la operación de la planta y sobre los indicadores de los parámetros de producción de la mezcla y de la dosificación, tanto de los agregados pétreos como del ligante asfáltico y del aditivo, si se requiere su uso. Allí mismo se deberán encontrar los dispositivos para controlar el inicio y la terminación de las jornadas de producción de mezcla y de manejo de su dosificación. No se permitirá la operación de la planta cuya dosificación se realice sólo por la manipulación de dispositivos mecánicos.

400.3.2.1.2 Calibración

Todos los dispositivos de medida de la planta deben contar con un certificado de calibración vigente.

400.3.2.1.3 Capacidad de producción

La capacidad mínima de producción de la planta estará señalada en el Pliego de Condiciones y ella

dependerá de las características de la obra por ejecutar.

El Constructor deberá suministrar la certificación sobre la capacidad máxima de producción de la planta de asfalto dada por el fabricante; si la planta ha sido reformada, se deberá entregar la certificación de la planta reformada, expedida por un ingeniero con experiencia documentada en manejo de plantas de asfalto. La certificación deberá indicar las condiciones bajo las cuales se alcanza dicha capacidad máxima.

También, deberá suministrar una certificación sobre la capacidad del quemador del secador, proporcionada por el fabricante del mismo.

400.3.2.1.4 Combustibles

Los combustibles usados en la operación de la planta deberán cumplir con las exigencias sobre combustibles sólidos o líquidos establecidas en las Resoluciones del Ministerio del Medio Ambiente números 898 de 1995, 623 de 1998 y 068 de 2001, y sobre combustibles gaseosos en la Resolución de la Superintendencia Nacional de Industria y Comercio número 14471 de 2002, con énfasis en las Normas Técnicas NTC 2505, 3631, 3833 y 4282 y con supervisión de un organismo de inspección acreditado por el ONAC bajo la norma NTC ISO-17020. Queda entendido que si alguna disposición de las recién citadas es reemplazada en el futuro por la entidad nacional competente para ello, se entenderá que los requisitos por cumplir serán los de la disposición actualizada.

En la operación de las plantas asfálticas en caliente se podrán emplear, también, los combustibles gaseosos provenientes de la síntesis de biomasa y/o de combustibles sólidos, bajo la supervisión de un ingeniero con experiencia en la materia y debidamente matriculado, quien deberá haber

presentado previamente el proyecto y obtenido la aprobación expresa del Instituto Nacional de Vías, y siempre y cuando el dispositivo usado y sus aditamentos no produzcan contaminaciones en las emisiones, que sobrepasen los límites establecidos en las normas y en la combustión y/o manipulación de los insumos utilizados y de los residuos, escorias o cenizas que aparezcan, de acuerdo con los decretos 3930 y 4728 de 2010 (o los que los reemplacen en el futuro) y con la legislación complementaria sobre tratamiento de residuos sólidos y/o líquidos.

400.3.2.1.5 Dispositivos para toma de muestras

La planta deberá poseer un dispositivo que permita la toma de muestras de agregados pétreos secos, antes de su mezcla con el ligante asfáltico, para verificar su limpieza, en especial de posibles residuos de combustión que afecten su adherencia. La producción de la mezcla se deberá detener si hay signos de avería en el sistema de combustión, si ocurre una combustión incompleta o si se observa contaminación en los agregados o en la mezcla, y sólo se podrá reiniciar cuando, a juicio del Interventor, el problema quede satisfactoriamente resuelto.

400.3.2.1.6 Tolvas para agregados en frío

Las tolvas para agregados en frío deberán tener paredes resistentes y estancas, con bocas de anchura suficiente para que su alimentación se efectúe correctamente, y cuya separación sea efectiva para evitar que se mezclen los agregados de tolvas diferentes; el equipo de cargue deberá tener acceso directo e independiente a cada una de las tolvas.

El número mínimo de tolvas será función del número de fracciones de agregado que exija la fórmula de trabajo adoptada pero, en todo caso, no

será inferior a tres (3) para las plantas discontinuas y/o de mezcla por fuera del tambor secador y cuatro (4) para las de tambor secador-mezclador, dos de las cuales se asignarán al agregado fino.

Las tolvas deberán estar provistas de dispositivos de dosificación a su salida, que puedan ser ajustados y mantenidos en cualquier posición.

Con el fin de evitar discontinuidad en el flujo de salida del agregado fino, debido a su humedad natural, se exigirá el uso de vibración, o cualquier otro método que se demuestre útil para tal fin.

400.3.2.1.7 Tambor-secador

La planta estará dotada de un tambor secador que permita el secado continuo y eficiente de los agregados y su calentamiento a la temperatura adecuada para la fabricación de la mezcla, según el ligante asfáltico utilizado, extrayendo de ellos una proporción de polvo mineral tal, que su dosificación se ajuste a lo establecido en la fórmula de trabajo.

El quemador del secador deberá ser de marca reconocida y deberá contar con una certificación del fabricante donde se indiquen, además de su capacidad, los parámetros de alimentación requeridos, tanto de aire como de combustible, ya sea éste gaseoso, líquido ó sólido, para que se cumplan las prestaciones informadas, incluyendo la limpieza de su combustión. La combustión, que deberá ser completa, deberá impedir la emisión de residuos que contaminen los agregados o la atmósfera.

400.3.2.1.8 Sistemas para el control de emisiones y la recuperación de finos

La planta deberá tener, como mínimo un sistema primario de recuperación de finos secos contenidos en los gases procedentes del secador.

La planta deberá estar dotada también, como mínimo, de un sistema secundario de control de emisiones, seco o húmedo, instalado en serie y a continuación del sistema primario de recuperación de finos, que recoja lo que éste ha permitido pasar y que sea lo suficientemente eficiente para impedir la emisión a la atmósfera de productos contaminantes y/o de partículas que sobrepasen los límites establecidos en la Resolución del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial número 909 de 2008 y en los sitios y condiciones establecidas en las Resoluciones 2153 y 2154 de 2010 del mismo Ministerio y/o en las disposiciones legales que anulen, complementen, modifiquen y/o adicione dichas resoluciones.

400.3.2.1.9 Depósitos de almacenamiento de cemento asfáltico

El almacenamiento que requiera el cemento asfáltico antes de su aplicación, se realizará en tanques adecuados para tal fin, los cuales tendrán los aparatos de medida y seguridad necesarios para garantizar su correcto funcionamiento, situados en puntos de fácil acceso. Así mismo, dispondrán de una válvula adecuada para la toma de muestras.

Cuando los tanques de almacenamiento no dispongan de medios de carga propios, los carrotanques empleados para el transporte del cemento asfáltico deberán estar dotados de medios neumáticos o mecánicos apropiados para el trasvase rápido de su contenido a los tanques. Cuando se empleen bombas de trasvase, se preferirán las de tipo rotativo a las centrífugas. El trasvase desde el carrotanque al tanque de almacenamiento se realizará siempre por tubería directa.

Todas las tuberías usadas para el trasvase del cemento asfáltico del carrotanque al tanque de almacenamiento y de éste al equipo de empleo, deberán estar dispuestas de manera que se puedan

limpiar fácilmente después de cada aplicación y/o jornada de trabajo.

400.3.2.1.10 Manejo del cemento asfáltico

El sistema de almacenamiento, calefacción y alimentación del cemento asfáltico deberá poder permitir su recirculación y su calentamiento a la temperatura de empleo, de forma que se garantice que no se producen sobrecalentamientos localizados y que no se sobrepasan las temperaturas máximas admisibles de dicho producto. Todas las tuberías, bombas, tanques, etc., deberán estar provistos de calefactores o aislamientos. La descarga de retorno del ligante a los tanques de almacenamiento será siempre sumergida. Se dispondrán termómetros, especialmente en la boca de salida al mezclador y en la entrada del tanque de almacenamiento. El sistema de circulación deberá estar provisto de dispositivos para tomar muestras y para comprobar la calibración del dosificador.

400.3.2.1.11 Manejo del llenante mineral

La planta deberá disponer de sistemas independientes para el almacenamiento y para la dosificación del llenante mineral recuperado y de aporte, los cuales deberán estar adecuadamente protegidos contra la humedad.

Así mismo, si se determinase que el llenante recuperado por el sistema primario de recuperación sobrepasa el máximo especificado en el Artículo correspondiente a la mezcla que se está fabricando, se deberá disponer de un sistema que permita el retiro dosificado del sobrante, de manera que dicha operación, además de conseguir su objetivo, no afecte la limpieza de operación de la planta.

400.3.2.1.12 Manejo de aditivos

En caso de que se incorporen aditivos a la mezcla, la instalación deberá poseer un sistema de dosificación de los mismos que tenga, como mínimo, la precisión del sistema de dosificación del ligantes asfáltico.

400.3.2.1.13 Silo de almacenamiento

Si la planta posee un silo para el almacenamiento de la mezcla elaborada, su capacidad deberá garantizar el flujo normal de los vehículos de transporte, así como que en las cuarenta y ocho (48) horas siguientes a la fabricación, la mezcla acopiada no haya perdido ninguna de sus características, en especial la homogeneidad del conjunto y las propiedades del ligante. El silo de almacenamiento deberá contar con una tolva de compensación u otro elemento de descarga en su parte superior, cuya ubicación y funcionamiento sean correctos, de manera que eviten la segregación de la mezcla que se va a almacenar.

400.3.2.2 Requisitos específicos para las plantas de tipo discontinuo**400.3.2.2.1 Clasificación de agregados en caliente**

Las plantas de tipo discontinuo, o plantas de bachada, deberán estar dotadas de un sistema de clasificación de los agregados en caliente, de capacidad adecuada a la producción del mezclador, en un número de fracciones no inferior a tres (3) y de tolvas de almacenamiento de las mismas, cuyas paredes serán resistentes y de altura suficiente para evitar que se mezclen los agregados de diferentes tolvas. Las tolvas en caliente deberán tener un rebosadero, para evitar que el exceso de contenido se vierta en las contiguas o afecte el funcionamiento del sistema de clasificación; deberán tener, también, un dispositivo de alarma, claramente perceptible por el operador, que avise cuando el nivel de la tolva sea inferior al que proporcione la cantidad calibrada,

y un dispositivo para la toma de muestras de las fracciones almacenadas.

400.3.2.2.2 Indicadores de la temperatura de los agregados y del asfalto

La instalación deberá estar provista de indicadores de la temperatura de los agregados secos, situados a la salida del secador o en el sitio en donde se ellos se van a mezclar con el asfalto; también, deberá tener indicadores de temperatura del ligante asfáltico en el sitio en donde éste sale al mezclador.

400.3.2.2.3 Dispositivos de dosificación

La precisión de los dispositivos de dosificación por peso de los agregados en caliente deberá ser tal que no permitan una desviación superior al medio por ciento ($\pm 0.5 \%$). Los dispositivos de dosificación ponderal del llenante y del ligante deberán tener una precisión tal que no permitan una desviación superior al tres por mil ($\pm 0.3 \%$).

400.3.2.2.4 Alimentación del ligante bituminoso

El ligante asfáltico se distribuirá uniformemente en el mezclador, y las válvulas que controlan su entrada no permitirán fugas ni goteos. El sistema dosificador del ligante deberá disponer de dispositivos para su calibración a la temperatura y presión de trabajo.

400.3.2.3 Requisitos específicos para las plantas de tipo continuo con tambor secador- mezclador

400.3.2.3.1 Dosificación de agregados

El sistema de dosificación de los agregados deberá ser ponderal y tener en cuenta su humedad, para corregir la dosificación en función de ella. La rata de alimentación deberá ser monitoreada continuamente por la báscula de la banda transportadora u otro dispositivo sincronizado con el mecanismo de alimentación del asfalto.

400.3.2.3.2 Dosificación de asfalto

El dispositivo medidor del asfalto deberá controlar adecuadamente la rata de ligante que se incorpora a la mezcla y responder instantáneamente a cualquier variación en la rata de alimentación de los agregados. La difusión del asfalto deberá ser homogénea y de manera que no exista ningún riesgo de contacto con la llama ni de someter al ligante a temperaturas inadecuadas.

400.3.2.3.3 Elaboración de la mezcla

El tambor deberá calentar, cubrir y mezclar uniformemente los materiales, evitando su exposición directa a las llamas o cualquier otra fuente puntual de alta temperatura, y evitando cualquier sobrecalentamiento en los agregados, en el cemento asfáltico o en la mezcla que pueda afectar adversamente las características y el comportamiento de la mezcla elaborada.

Se deberán instalar pirómetros tanto a la salida del asfalto, para verificar su temperatura, como en el extremo de descarga del mezclador, para verificar la temperatura de la mezcla. La producción de la planta se deberá limitar a la velocidad requerida para obtener una envuelta correcta de los agregados, cumpliendo con los requisitos de temperatura de agregados y del ligante según se haya determinado al establecer la fórmula de trabajo.

400.3.2.4 Requisitos específicos para las plantas de ejes paralelos o mezclador de tambor

Deberá tener características geométricas y mecánicas tales que, en un solo proceso, proporcionen un flujo continuo y adecuado que permita una distribución uniforme del ligante asfáltico previamente dosificado. Deberán disponer de elementos físico-mecánicos suficientes y

adecuados para mezclar los agregados con el ligante bituminoso durante el tiempo y la temperatura adecuados, con el fin de obtener el recubrimiento total de los agregados, libres de cualquier contaminación que afecte su adherencia.

El sistema no deberá permitir ninguna fuga furtiva o goteo, ya sea de partículas de agregados o de ligante.

400.3.3 Planta para la fabricación de mezclas asfálticas en frío

Para la fabricación de mezclas asfálticas en frío, se podrán usar plantas de los tipos y características indicados en la Tabla 400 - 3.

Tabla 400 - 3. Tipos de plantas para la fabricación de mezclas asfálticas en frío

TIPO DE PLANTA	REQUISITOS
Planta fija	Numeral 400.3.3.1
Planta móvil	Numeral 400.3.3.2

Las plantas para mezclas en frío deberán ser capaces de manejar simultáneamente el número de fracciones de agregados que exija la fórmula de trabajo adoptada.

Se permite el empleo de instalaciones de diferente concepción a las descritas en el presente numeral, siempre que cuenten con el visto bueno del Interventor y previos los ensayos que demuestren la calidad de la mezcla fabricada con ellas.

400.3.3.1 Planta fija

Si se utiliza una planta fija para la fabricación de una mezcla en frío, ésta podrá ser de tipo continuo o discontinuo y dispondrá del número necesario de tolvas, con sus dosificadores, que le permita manejar simultáneamente el número de fracciones de agregados disponibles para obtener la granulometría seleccionada para la elaboración de la mezcla.

Las tolvas para agregados deberán tener paredes resistentes, con bocas de anchura suficiente para que la alimentación se pueda realizar correctamente. La separación entre ellas debe evitar que se mezclen los agregados de tolvas diferentes. Además, sus dispositivos de salida deben permitir ajustes exactos para mantenerlos en cualquier posición. El número mínimo de tolvas será función del número de fracciones de agregados por emplear.

Las instalaciones de tipo discontinuo deberán estar provistas de dispositivos de dosificación por peso cuya exactitud sea superior al medio por ciento (0.5 %). Los dispositivos de dosificación de agua y ligante tendrán una exactitud, como mínimo, de tres por mil (0.3 %). El ligante, que deberá tener un sistema idóneo de almacenamiento y alimentación, deberá ser distribuido uniformemente en el mezclador, y las válvulas que controlan su entrada no deberán permitir fugas ni goteos.

Si se emplea una instalación de tipo continuo, un sistema de bandas transportará los agregados desde las tolvas hasta el mezclador, que será del tipo de ejes gemelos, donde se incorporarán el agua y el ligante bituminoso. Los dosificadores de agua y ligante deberán estar sincronizados con los dosificadores de los agregados, de manera que se pueda reproducir la fórmula de trabajo. La planta deberá disponer, además, de dispositivos para su calibración a la presión de trabajo, así como para la toma de muestras. En caso de que se incorporen aditivos a la mezcla, la instalación deberá poseer un sistema de dosificación exacta de ellos.

400.3.3.2 Planta móvil

Las plantas móviles o ambulantes estarán montadas sobre bastidores autopropulsados; esta plantas actuarán al mismo tiempo como extendedoras. Constarán de tolva de recepción de agregados ya mezclados y con la gradación adecuada, depósitos de agua y emulsión y eventuales aditivos, y dispositivos de alimentación de todos los materiales a la mezcladora. Dispondrán, además, de una extendedora que regule el espesor y proporcione el perfil transversal y un buen acabado superficial.

400.3.4 Equipo para la transferencia de la mezcla (*Shuttle buggy*)

Este equipo, cuyo empleo es de carácter opcional, tiene por finalidad reducir la segregación y transferir la mezcla de las volquetas a la tolva de la máquina pavimentadora, sin que aquellas entren en contacto con ésta, ni circulen sobre superficies con riegos de imprimación o liga.

400.3.5 Equipo para la extensión de la mezcla

La extensión de las mezclas asfálticas se hará con una pavimentadora autopropulsada, adecuada para extender y terminar la mezcla con un mínimo de pre-compactación de acuerdo con los anchos y espesores especificados.

La capacidad de la tolva, así como la potencia de la máquina, deberán ser adecuadas para el tipo de trabajo que deba desarrollar. La pavimentadora estará equipada con un vibrador y un distribuidor de tornillo sinfín, de tipo reversible, capacitado para colocar la mezcla uniformemente por delante de los enrasadores. Poseerá un equipo de dirección adecuado y tendrá velocidades para retroceder y avanzar.

La pavimentadora tendrá dispositivos mecánicos compensadores para obtener una superficie pareja y formar los bordes de la capa sin uso de formaletas. Será ajustable para lograr la sección transversal especificada en el diseño u ordenada por el Interventor.

Si se determina que durante su operación el equipo deja huellas en la superficie de la capa, áreas defectuosas u otras irregularidades objetables que no sean fácilmente corregibles durante la construcción, el Interventor exigirá su inmediata reparación o cambio.

En el caso de mezclas asfálticas en caliente, la pavimentadora deberá estar dotada de un elemento calefactor para la ejecución de la junta longitudinal.

400.3.6 Equipo de compactación

Se deberán utilizar compactadores autopropulsados de rodillos metálicos, estáticos o vibratorios, de neumáticos o mixtos. El equipo de compactación por emplear en cada caso dependerá del tipo de capa asfáltica y su espesor, y deberá contar con la aprobación del Interventor, con base en los resultados obtenidos en la fase de experimentación.

Todos los compactadores deberán ser autopropulsados y estar dotados de inversores de marcha suaves; además, estarán dotados de dispositivos para la limpieza de los rodillos o neumáticos durante la compactación y para mantenerlos húmedos en caso necesario.

Los compactadores de rodillos metálicos no deberán presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios dispondrán de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático.

Los compactadores de neumáticos tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslape de las huellas delanteras y traseras y, en caso necesario, faldones de lona protectora contra el enfriamiento de los neumáticos.

Las presiones lineales estáticas o dinámicas, y las presiones de contacto de los diversos compactadores, serán las necesarias para conseguir la compacidad adecuada y homogénea de la mezcla en todo su espesor, pero sin producir roturas del agregado ni arrollamiento de la mezcla a las temperaturas de compactación.

En lugares inaccesibles a los equipos normales de compactación se permitirá el uso de otros equipos de tamaño y diseño adecuados para la labor por realizar.

400.3.7 Equipos de transporte

Todos los vehículos de transporte deberán cumplir todas las disposiciones legales referentes a las dimensiones y pesos de los vehículos de transporte, a las condiciones técnico-mecánicas y a las de control de emisiones contaminantes de los mismos; deberán tener al día los certificados de revisión técnico mecánica y de emisiones contaminantes.

400.3.7.1 Carrotanque para transporte de cemento asfáltico

El transporte del cemento asfáltico desde la planta de producción a la planta mezcladora, se deberá efectuar en caliente y a granel, en carrotanques con adecuados sistemas de calefacción y termómetros ubicados en sitios visibles. Deberán estar dotados, además, de los medios mecánicos que permitan el rápido trasvase de su contenido a los

depósitos de almacenamiento. Así mismo, dispondrán de un elemento adecuado para la toma de muestras.

400.3.7.2 Carrotanque para transporte de emulsión asfáltica

El transporte de la emulsión asfáltica desde la planta de fabricación hasta el sitio de colocación, se realizará a granel, en carrotanques que no requieren aislamientos térmicos ni calefacción. Estarán dotados de los medios mecánicos que permitan el rápido traslado de su contenido a los depósitos de almacenamiento. Así mismo, dispondrán de un elemento adecuado para la toma de muestras.

400.3.7.3 Equipo para el transporte de agregados y mezclas asfálticas

Tanto los agregados como las mezclas asfálticas se transportarán en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin. En el caso de transporte de mezclas asfálticas, la superficie interna del platón deberá ser tratada con un producto cuya composición y cantidad deberán ser aprobadas por el Interventor, con el fin de evitar la adherencia de la mezcla a ella. La forma y la altura del platón serán tales, que durante el vertido en la pavimentadora, la volqueta sólo toque a ésta a través de los rodillos previstos para ello, en los casos en los que no se emplee el equipo para la transferencia de la mezcla mencionado en el numeral 400.3.4.

400.3.8 Equipos para la extensión de riegos

400.3.8.1 Carrotanque irrigador

Toda aplicación de productos asfálticos en forma de riego se deberá realizar por medio de un carrotanque irrigador. Se prohíbe la aplicación de riegos con escoba o empleando recipientes que apliquen el producto por gravedad. Esto aplica para la ejecución de riegos de imprimación, liga y curado, sellos de arena asfalto y tratamientos superficiales cubiertos por las presentes especificaciones generales.

El carrotanque irrigador deberá cumplir exigencias mínimas que garanticen la aplicación uniforme y constante del producto asfáltico para imprimación, a la temperatura

apropiada, sin que lo afecten la carga, la pendiente de la vía o la dirección del vehículo. Sus dispositivos de irrigación deberán proporcionar una distribución transversal adecuada del ligante. El vehículo deberá estar provisto de un velocímetro calibrado en metros por segundo (m/s), o pies por segundo (pie/s), visible al conductor, para mantener la velocidad constante y necesaria que permita la aplicación uniforme del asfalto en sentido longitudinal.

El carrotanque deberá aplicar el producto asfáltico a presión y para ello deberá disponer de una bomba de impulsión, accionada por motor y provista de un indicador de presión. También, deberá estar provisto de un termómetro para el ligante, cuyo elemento sensible no se podrá encontrar cerca de un elemento calentador.

Para áreas inaccesibles al carrotanque y para retoques y aplicaciones mínimas, se usará una caldera regadora portátil, con sus elementos de irrigación a presión, o una extensión del carrotanque con boquilla de expansión que permita un riego uniforme.

400.3.8.2 Equipo para la extensión del agregado pétreo

Se podrán emplear esparcidoras autopropulsadas o extendedoras mecánicas acopladas a volquetas, que garanticen una adecuada y homogénea distribución del agregado pétreo sobre la superficie.

400.3.8.3 Equipo multidistribuidor de asfalto y agregado

En lugar del carrotanque irrigador y del equipo de extensión del agregado pétreo, descritos en los numerales 400.3.8.1 y 400.3.8.2, se podrá emplear un equipo multidistribuidor que permita la aplicación conjugada del ligante asfáltico y el agregado en una sola operación.

400.3.9 Equipo accesorio

Estará constituido por elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica, siempre que su uso esté autorizado por las autoridades ambientales. Así mismo, se requieren herramientas menores para efectuar correcciones localizadas durante la extensión de la

mezcla, termómetros y cámara infrarroja para controlar temperaturas, etc.

400.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

400.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el Artículo 105, numeral 105.13.3.

400.4.2 Fórmulas de trabajo para mezclas asfálticas, tratamientos superficiales y lechadas asfálticas

Antes de iniciar el acopio de los agregados, el Constructor deberá suministrar, para verificación del Interventor, muestras de ellos y del producto bituminoso por emplear y de los eventuales aditivos, avaladas por los resultados de los ensayos de laboratorio que garanticen la conveniencia de emplearlos en el tratamiento o mezcla. Una vez el Interventor efectúe las comprobaciones que considere convenientes y dé su aprobación a los ingredientes, el Constructor definirá una "fórmula de trabajo" que obligatoriamente deberá cumplir las exigencias establecidas en la especificación correspondiente. En dicha fórmula se consignarán el tipo y las características del ligante asfáltico; la granulometría de cada uno de los agregados pétreos y las proporciones en que ellos deben ser mezclados, junto con el llenante mineral, para obtener la gradación aprobada, así como la granulometría de los agregados combinados.

En el caso de mezclas y lechadas asfálticas se deberán indicar, además, el porcentaje de ligante bituminoso en relación con la masa de la mezcla o de los agregados secos, y los porcentajes de aditivos, respecto de la masa del ligante asfáltico, cuando su incorporación resulte necesaria. Si la mezcla es en frío y requiere la incorporación de agua, se deberá indicar la proporción de ésta.

En el caso de mezclas en caliente, también se deberán señalar:

- Los tiempos requeridos para la mezcla de agregados en seco y para la mezcla de los agregados con el ligante bituminoso.
- Las temperaturas máxima y mínima de calentamiento previo de los agregados y del ligante. En ningún caso, se introducirán en el mezclador agregados pétreos a una temperatura que sea superior a la del ligante en más de quince grados Celsius (15° C).

- Las temperaturas de mezcla con cemento asfáltico se deberán encontrar dentro del rango correspondiente a una viscosidad del asfalto entre ciento cincuenta y trescientos centistokes (150–300 cSt). Además, en el caso de asfaltos modificados con polímeros, en la temperatura de mezcla se tendrá en cuenta el rango recomendado por el fabricante.
- Las temperaturas máximas y mínimas al salir del mezclador dependerán del tipo de mezcla y de la planta en la cual ésta se elabore. La temperatura máxima de la mezcla al salir del mezclador no será mayor de ciento ochenta grados Celsius (180° C) en las plantas discontinuas, ni mayor de ciento sesenta y cinco grados Celsius (165° C) en las de tambor secador–mezclador. Esta temperatura podrá ser incrementada en diez grados Celsius (10° C) en el caso de las mezclas de alto módulo.
- La temperatura mínima de la mezcla en la descarga desde los elementos de transporte.
- Las temperaturas mínimas aceptables de la mezcla al inicio y a la terminación de la compactación.

Cuando se trate del diseño de una mezcla reciclada en caliente, la fórmula deberá señalar también:

- Proporciones en que se deben mezclar los materiales recuperados del pavimento y el agregado nuevo, así como la granulometría resultante de su mezcla, determinada por los tamices correspondientes a la franja granulométrica aprobada.
- Tipo y porcentaje de ligante bituminoso nuevo, en relación con la masa de la mezcla.
- Porcentaje requerido de agente rejuvenecedor, en relación con la masa del asfalto envejecido.
- Porcentaje requerido de aditivo mejorador de adherencia, en relación con la masa del ligante bituminoso nuevo.
- Las temperaturas máximas y mínimas de calentamiento previo de los agregados, del pavimento recuperado, del asfalto nuevo y del agente

rejuvenecedor. En ningún caso se podrá calentar el material por reciclar a una temperatura superior a la del ligante bituminoso de adición.

La mezcla diseñada con la fórmula de trabajo deberá ser verificada respecto de su sensibilidad ante la acción del agua.

Para algunas mezclas destinadas a capa de rodadura e intermedias se deberá verificar, también, su resistencia al ahuellamiento, con los ensayos y valores límites indicados en los Artículos correspondientes del Capítulo 4 de estas especificaciones. Esta verificación también se realizará a las mezclas de alto módulo.

Cuando se trate de tratamientos superficiales, el Constructor deberá informar al Interventor las dosificaciones de ligante asfáltico y de agregados pétreos para los distintos riegos, incluyendo la posible incorporación de aditivos.

Si se trata de lechadas asfálticas, tratamientos superficiales y mezclas en frío y en caliente destinadas a capa de rodadura, la respectiva fórmula de trabajo deberá asegurar el cumplimiento de las características de macrotextura superficial y resistencia al deslizamiento de la obra terminada, según lo establecido en cada uno de los Artículos correspondientes a dichas partidas de trabajo.

La fabricación de las mezclas asfálticas y la puesta en obra de ellas y de los tratamientos superficiales y lechadas asfálticas no se podrá iniciar hasta contar con la aprobación de la correspondiente fórmula de trabajo por parte del Interventor. La aprobación definitiva de la fórmula de trabajo por parte del Interventor no exime al Constructor de su plena responsabilidad de alcanzar, con base en ella, la calidad exigida por la respectiva especificación. La fórmula aprobada sólo se podrá modificar durante la ejecución de los trabajos, si las circunstancias lo aconsejan y previo el visto bueno del Interventor.

400.4.3 Fase de experimentación en mezclas nuevas o recicladas, tratamientos y lechadas asfálticas

Antes de iniciar los trabajos, el Constructor emprenderá una fase de experimentación para verificar el estado de los equipos y determinar, en secciones de ensayo de ancho y longitud definidas en acuerdo con el Interventor, los métodos definitivos de preparación, transporte,

colocación, compactación y eventual curado de la mezcla, lechada o tratamiento, así como las tasas de aplicación en obra, de manera que se cumplan los requisitos de la respectiva especificación. En el caso de la construcción de lechadas asfálticas, el proceso no incluirá la etapa de compactación.

El Interventor tomará muestras del tratamiento, lechada o mezcla, para determinar su conformidad con las condiciones especificadas que correspondan en cuanto a granulometría, dosificación, densidad y demás requisitos.

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

El Interventor determinará si es aceptable la ejecución de los tramos de prueba como parte integrante de la obra en construcción.

En el caso de mezclas nuevas o recicladas, el Interventor establecerá, durante la fase de experimentación, correlaciones entre los métodos corrientes de control de la dosificación del ligante y de la densidad en el terreno y otros métodos rápidos de control.

En el caso de tratamientos superficiales, lechadas asfálticas y mezclas en frío, se definirán en esta fase sus tiempos de rotura y curado, con el fin de que se puedan tomar las previsiones necesarias en el control del tránsito público.

400.4.4 Muestreo y ensayos

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

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

400.4.5 Transporte de materiales

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

400.4.6 Desvíos

Los desvíos que sea necesario construir durante la ejecución de las obras deberán permitir la circulación de los equipos al servicio de la obra y el tránsito público en forma segura y sin inconvenientes. Cuando a juicio del Interventor su construcción no resulte práctica, podrá autorizar las operaciones constructivas por medias calzadas.

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

400.4.7 Manejo ambiental

Todas las labores referentes a las actividades que son objeto de los Artículos del Capítulo 4 de estas Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras se deberán realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

Estas actividades implican el manejo de ligantes asfálticos, agregados pétreos y los tratamientos o mezclas elaboradas con ellos. En adición a los aspectos generales mencionados en el Artículo 106, se describen a continuación algunos de los cuidados relevantes en relación con la protección ambiental, sin perjuicio de los que exijan los documentos de cada proyecto particular o la legislación ambiental vigente.

En caso de contradicciones con lo indicado en el presente numeral prevalecerán, en su orden, la legislación ambiental y lo indicado en los documentos del proyecto.

400.4.7.1 Ligante

- Sus depósitos se deberán localizar en lugares apartados de cursos o láminas de agua.
- Alrededor de los depósitos se deberán construir diques de contención para evitar la propagación de derrames accidentales.
- Los residuos de los carrotanques no podrán ser vertidos en la zona de derecho de vía, en estructuras de drenaje o en cauces o láminas de agua.
- En caso de vertimiento accidental del asfalto empleado en la ejecución de algún riego, dicho material deberá ser recogido, incluyendo el suelo contaminado, y dispuestos en sitios de vertimiento construidos para tal fin y aprobados ambientalmente.
- Se deberá evitar el sobrecalentamiento del producto en las plantas de mezcla en caliente.
- Los obreros que laboren en el transporte y disposición del asfalto deberán ser dotados de los equipos apropiados de seguridad industrial.

400.4.7.2 Explotación y procesamiento de agregados pétreos

- No se permitirá la explotación de fuentes de materiales en áreas de preservación ambiental.
- Se preferirá la extracción de fuentes explotadas para el abastecimiento de obras anteriores, siempre que la calidad de sus materiales sea adecuada.
- Se deberá planear adecuadamente la explotación de la fuente, de manera de minimizar los impactos resultantes del proceso y facilitar la recuperación ambiental al término de la explotación.
- Si los agregados se obtienen de fuentes comerciales, el Interventor sólo aceptará su uso después de que el

Constructor le haga entrega de una copia auténtica de la respectiva licencia ambiental de operación.

- Antes de iniciar la explotación de las fuentes, el Constructor presentará al Interventor, para su evaluación y eventual aprobación, un plan de explotación.
- No está permitida la quema como forma de desmonte del área por explotar.
- Se deberá retirar cuidadosamente la capa vegetal de las zonas de explotación y mantenerla en buenas condiciones, para recuperarlas al término de la explotación.
- Se deberán limitar al mínimo el desmonte, la limpieza y el descapote durante la construcción de las instalaciones de trituración y clasificación y la planta asfáltica.
- Si se deben interceptar drenajes naturales, ellos deberán ser adecuadamente canalizados.
- La planta de trituración deberá estar provista de los filtros necesarios para prevenir la contaminación ambiental, de acuerdo con la reglamentación vigente.
- Siempre que se requiera lavado durante el proceso de producción de agregados, los residuos que genera esta operación deberán ser conducidos a piscinas de sedimentación.
- Tanto en las plantas de trituración como en las asfálticas, se deberá realizar un seguimiento permanente al componente atmosférico durante su operación.
- El manejo de explosivos deberá ser realizado por un experto.
- Los niveles de ruido y polvo causados por los procesos de explotación y procesamiento de los agregados deberán ser mantenidos dentro de los límites admitidos por las disposiciones oficiales vigentes.

- Se deberá procurar que las instalaciones de trituración y la planta asfáltica queden ubicadas en el mismo lote. Dichas instalaciones no se podrán situar en sitios ecológicamente sensibles, áreas con presencia de especies bióticas protegidas o en peligro de extinción, lugares con nivel freático cercano a la superficie o zonas con riesgo alto de inestabilidad geotécnica. El área deberá ser aislada con malla o lonas para reducir la dispersión de materiales.
- El vertimiento de cualquier desperdicio sólido a cauces o láminas de agua está prohibido.
- El horario nocturno de trabajo deberá ser limitado para no alterar la tranquilidad de la zona, en particular si las instalaciones están ubicadas cerca de zonas habitadas. Esta exigencia es también válida para la planta asfáltica y los trabajos mismos de construcción en la vía.
- Junto a las instalaciones de trituración se deberán construir piscinas de sedimentación para la retención del polvo mineral que se pueda producir en exceso.
- Al concluir la fase de explotación de las fuentes, el Constructor deberá readecuar los relieves del área, dejando los taludes con inclinaciones similares a las del entorno y con sus bordes superiores redondeados y realizará la recuperación del sistema de drenaje del lugar.
- Al desocupar las áreas de explotación y procesamiento, el Constructor deberá retirar todos los vestigios de ocupación del lugar, tales como estructuras, pisos, caminos internos, estacionamientos, escombros, etc. Así mismo, deberá descompactar los suelos y restaurar la vegetación y el paisaje.

400.4.7.3 Plantas de mezcla en general

- Ninguna planta de mezcla se podrá instalar a menos de doscientos metros (200 m), medidos desde el mezclador, de residencias, clínicas, colegios, y otras construcciones comunitarias.

- Las plantas productoras de mezcla asfáltica deberán cumplir con lo establecido en la reglamentación vigente sobre protección y control de calidad del aire y para su funcionamiento en la obra se deberá presentar al Instituto Nacional de Vías la correspondiente autorización, expedida por la entidad nacional o regional encargada de otorgar tales permisos.
- Las plantas no se podrán operar sin las licencias requeridas y, durante el desarrollo de los trabajos, se deberán mantener en condiciones de operación dentro de lo prescrito en dichas licencias y en estas especificaciones.
- La planta deberá contar con un sistema apropiado de control de polución de aire, conforme con los patrones establecidos en la legislación vigente.
- Los sitios de acopio de los agregados fríos deberán disponer de cobertura y de protecciones laterales para evitar la generación de emisiones fugitivas durante las operaciones de carga y descarga.
- La banda transportadora de los agregados fríos deberá ser protegida contra la acción del viento.
- Se deberán implementar procedimientos que permitan que la alimentación al mezclador (mezclas en frío) o al secador (mezclas en caliente) se realice sin emisiones visibles a la atmósfera.
- Se deberán mantener limpias las vías internas de acceso a la planta.
- Se deberán mantener en buenas condiciones todos los equipos de proceso y de control.
- Las instalaciones deberán contar con una señalización adecuada para el tránsito que circule dentro de ellas.

400.4.7.4 Plantas de mezcla en caliente

- Se deberán operar con un combustible ambientalmente autorizado.
- Se deberá mantener la presión negativa en el tambor secador cuando la planta esté en operación, para evitar emisiones de partículas a la entrada y a la salida de ésta.
- En las plantas discontinuas, se deberán dotar al sistema de clasificación en caliente y al mezclador, de sistemas de escape hacia los dispositivos de control de polución de aire, para evitar la emisión de vapores y partículas a la atmósfera.
- Los silos de almacenamiento del llenante mineral deberán disponer de un sistema propio de filtración en seco.
- Se deberán adoptar procedimientos operacionales que eviten la emisión de partículas provenientes de los sistemas de limpieza de los filtros de mangas y de reciclado del polvo mineral.

400.4.7.5 Transporte de agregados y mezclas

- El Constructor deberá tener en cuenta y cumplir todas las disposiciones sobre tránsito automotor y medio ambiente, emanadas por las autoridades competentes, en especial el Ministerio de Transporte y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Cuando viajen cargados, los vehículos deberán tener un cobertor adecuado, debidamente asegurado, que impida el vertido de la carga sobre las vías por las que circulan.
- Antes de entrar a vías pavimentadas, se deberán limpiar cuidadosamente las llantas de los vehículos. Los materiales resultantes de dicha limpieza no podrán ser arrojados a la zona de derecho de vía, ni a cursos de agua, ni a estructuras de drenaje superficial.

400.4.7.6 Transporte de materiales contaminantes o peligrosos

- Los materiales tales como combustibles, lubricantes, explosivos, asfaltos, aguas servidas no tratadas, desechos y basuras se deberán transportar y almacenar adoptando las medidas necesarias para evitar derrames, pérdidas o daños por lluvias, hurtos o incendios.
- El Constructor deberá tener en cuenta y cumplir todas las disposiciones sobre tránsito automotor y medio ambiente, emanadas por las autoridades competentes, en especial el Ministerio de Transporte y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

400.4.7.7 Ejecución de riegos

- Se deberá vigilar la viscosidad del ligante, para impedir que el riego fluya hacia las cunetas y zonas ajenas a la superficie por tratar.
- Los tratamientos superficiales terminados deberán ser barridos adecuadamente para eliminar partículas sueltas, las cuales pueden ser proyectadas peligrosamente por las llantas hacia otros vehículos o hacia las zonas aledañas a la vía.
- Tanto cuando se construyan riegos como capas de mezcla, las operaciones de limpieza inherentes a cada actividad sólo se podrán efectuar con escobas o sopladores mecánicos, cuando ello esté permitido por la autoridad ambiental competente.

400.4.7.8 Extensión y compactación de mezclas

- Se deberán implementar medidas de seguridad industrial para proteger al personal durante las operaciones de extensión y compactación de mezclas en caliente.
- Se deberá implementar un plan de control del tránsito, si las operaciones se desarrollan con la vía abierta al tránsito público.
- No se permitirá la disposición de residuos en las zonas aledañas a la superficie pavimentada.

400.4.7.9 Fresado de pavimentos asfálticos

- Se deberá implementar un plan para el control y ordenamiento del tránsito automotor durante el desarrollo de los trabajos.
- La superficie fresada deberá ser cubierta a la mayor brevedad, para corregir el impacto por generación de ruido.
- Los materiales fresados deberán ser transportados hasta vertederos que tengan debida licencia para su funcionamiento, donde serán depositados atendiendo las indicaciones de los documentos técnicos y ambientales del proyecto, y las instrucciones del Interventor.
- Se deberá evitar la contaminación del material fresado con suelos u otros materiales extraños.
- La operación de barrido de la superficie fresada no podrá causar molestias por producción de polvo, a las personas y bienes vecinos a la vía.

400.4.7.10 Reciclado de pavimentos asfálticos

- Se deberá implementar un plan de control y ordenamiento del tránsito automotor durante el desarrollo de los trabajos de reciclado en el lugar.
- Los materiales que resulten descartados del proceso deberán ser conducidos a vertederos apropiados.
- Si en el proceso de reciclado en el lugar se incorporan estabilizantes en polvo, se deberán tomar medidas para evitar las molestias que pueda causar su dispersión por la acción del viento.
- Para los reciclados en planta en caliente resultan aplicables los cuidados indicados en el numeral 400.4.7.4.

400.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

400.5.1 Controles

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

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan todos los requisitos de calidad correspondientes a la partida de trabajo respectiva.
- Verificar el acatamiento de todas las medidas requeridas sobre seguridad y medio ambiente.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado como resultado de la fase de experimentación, en cuanto a la elaboración y manejo de los agregados, así como la manufactura, transporte, colocación y compactación de los tratamientos y mezclas asfálticas.
- Ejecutar ensayos de control de mezcla, de densidad de las probetas y de las mezclas de referencia, de densidad de la mezcla asfáltica compactada in situ, de extracción de asfalto y granulometría; así como controlar las temperaturas de mezclado, descarga, extendido y compactación de las mezclas (los requisitos de temperatura son aplicables sólo a las mezclas elaboradas en caliente).
- Efectuar ensayos de control de mezcla, tasa de aplicación, extracción de asfalto y granulometría en lechadas asfálticas.
- Ejecutar ensayos para verificar las dosificaciones de agregados y ligante en tratamientos superficiales, así como la granulometría de aquellos.
- Efectuar ensayos para verificar las dosificaciones del ligante en riegos de liga y curado e imprimaciones.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y de las mezclas o lechadas asfálticas, durante el período de ejecución de las obras.

- Efectuar pruebas para verificar la eficiencia de los productos mejoradores de adherencia, siempre que ellos se incorporen.
- Realizar las medidas necesarias para determinar espesores, levantar perfiles, medir la textura superficial y la resistencia al deslizamiento y comprobar la uniformidad de la superficie, siempre que ello corresponda.

El Interventor evaluará las fórmulas de trabajo presentadas por el Constructor y las aprobará cuando corresponda.

La toma de muestras para la ejecución de los diferentes ensayos de control, se adelantará de acuerdo con las siguientes normas de ensayo INV: E-201 para agregados pétreos y llenantes minerales, E-701 para materiales bituminosos y E-731 para mezclas asfálticas.

El Constructor rellenará con mezcla asfáltica, de la misma calidad de la extraída, y sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, todos los orificios realizados con el fin de medir densidades en el terreno y compactará el material de manera que su densidad cumpla con los requisitos indicados en la respectiva especificación.

También cubrirá, sin costo para el Instituto Nacional de Vías, las áreas en las que el Interventor efectúe verificaciones de la dosificación de riegos de imprimación, liga y curado, tratamientos superficiales y lechadas asfálticas.

400.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Tanto las condiciones específicas de recibo como las tolerancias para las obras ejecutadas, se indican en los Artículos correspondientes a las respectivas partidas de trabajo. Todos los ensayos y mediciones requeridos para el recibo de los trabajos especificados, estarán a cargo del Interventor (opción 1 del numeral 107.2.2, Artículo 107), salvo que el Pliego de Condiciones del contrato establezca otra cosa (opciones 2 o 3 del citado numeral).

Para los fines de determinar la conformidad con estas especificaciones, un valor calculado u observado se deberá redondear “a la unidad más cercana” en el último dígito de la derecha usado para expresar el límite de

la especificación, en acuerdo con el método del redondeo de la norma INV E-823.

Aquellas áreas donde los defectos de calidad y las irregularidades excedan las tolerancias, deberán ser corregidas por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a satisfacción de éste, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

400.6 MEDIDA

400.6.1 Ejecución de riegos de imprimación y liga, tratamientos superficiales, sellos de arena- asfalto y lechadas asfálticas.

La unidad de medida será el metro cuadrado (m^2), aproximado al entero, de todo trabajo ejecutado a satisfacción del Interventor, de acuerdo con lo exigido por la especificación respectiva. El área se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje del trabajo, por el ancho especificado en los planos u ordenado por el Interventor. No se medirá ningún área por fuera de tales límites.

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

No habrá lugar a medida, para efecto de pago separado, del riego de curado que se aplique sobre una capa tratada con un conglomerante hidráulico, con el fin de brindar impermeabilidad a toda su superficie.

400.6.2 Ejecución de mezclas en frío y en caliente y reciclado de pavimentos

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3) aproximado al décimo de metro cúbico, de mezcla elaborada, suministrada y compactada en obra a satisfacción del Interventor, de acuerdo con lo exigido en la especificación respectiva.

El volumen se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje del trabajo, por el ancho y espesor especificados en los planos u ordenados por el Interventor. No se medirá ningún volumen por fuera de tales límites.

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

400.6.3 Ejecución de bacheos con mezcla asfáltica

La unidad de medida será el metro cúbico (m³) aproximado al décimo de metro cúbico, de bacheo con mezcla asfáltica ejecutado a satisfacción del Interventor, de acuerdo con lo exigido en la especificación respectiva.

El volumen se determinará multiplicando la superficie en donde el Interventor haya autorizado el trabajo, por el espesor compacto promedio en que se haya colocado la mezcla, de acuerdo con la especificación respectiva. No se medirá ningún volumen por fuera de tales límites.

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

400.7 FORMA DE PAGO

400.7.1 Aspectos generales

Los siguientes aspectos generales aplican para todos los ítems de pago correspondientes a los diferentes Artículos del Capítulo 4 y, por lo tanto, forman parte conjunta con los numerales 400.7.2, 400.7.3 y 400.7.4, el que corresponda en cada caso particular.

En los casos en que el trabajo incluya el empleo de agregados pétreos vírgenes, el precio unitario deberá cubrir todos los costos de su adquisición, obtención de todos los permisos y derechos de explotación o alquiler de fuentes de materiales y canteras; la obtención de licencias ambientales, las instalaciones provisionales, los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes y canteras; la preparación de las zonas por explotar, así como todos los costos relacionados con la explotación, selección, trituración, eventual lavado, suministro de los materiales pétreos y llenante mineral, desperdicios, cargues, transportes, descargues, clasificación, colocación, mezcla, extensión y compactación de los materiales utilizados, en los casos en que ello corresponda.

También, deberá incluir los costos de adecuación paisajística de las fuentes para recuperar las características hidrológicas superficiales al terminar su explotación y demás requisitos establecidos en el Artículo 106 “Aspectos Ambientales” de las presentes especificaciones y en la normativa ambiental vigente; así como los costos de la definición de la

fórmula de trabajo cuando se requiera; los de la fase de experimentación; los costos de los desvíos que fuese necesario construir con motivo de la ejecución de las obras; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos y el período posterior en que se deba impedir o controlar, de acuerdo con las instrucciones del Interventor.

En relación con los explosivos, el Constructor deberá considerar dentro del respectivo precio unitario todos los costos que implican su adquisición, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control hasta el sitio e instante de utilización.

Los agregados empleados para el reciclado de pavimentos en frío o en caliente que provengan del fresado o de la recuperación de capas de pavimentos de carreteras a cargo del Instituto Nacional de Vías son de propiedad de éste y, por lo tanto, su suministro para la elaboración de mezclas recicladas no será objeto de pago alguno al Constructor.

En todos los casos, el precio unitario deberá incluir el barrido y soplado de la superficie existente; la preparación de la superficie existente se considera incluida en el ítem referente a la ejecución de la capa a la cual corresponde dicha superficie y, por lo tanto, no habrá lugar a pago separado por este concepto, a no ser que dicho ítem no haga parte del mismo contrato, caso en el cual el Constructor deberá considerar el costo de la preparación de la superficie existente dentro del ítem objeto del pago.

400.7.2 Ejecución de riegos de imprimación y liga, tratamientos superficiales, sellos de arena-asfalto y lechadas asfálticas.

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por metro cuadrado (m²), para toda obra ejecutada de acuerdo con la respectiva especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

En el caso de riegos de liga que se deban colocar sobre una capa cubierta por un riego de curado, el precio unitario del riego de liga deberá incluir el costo de todas las operaciones necesarias para la eliminación del riego de curado.

En todos los casos, el precio unitario deberá incluir el suministro en el sitio, almacenamiento, desperdicios y aplicación de los materiales bituminosos, modificadores, agua y aditivos mejoradores de adherencia y de control de rotura que se requieran; la protección de todos los elementos aledaños a la zona de los trabajos y que sean susceptibles de

ser manchados por los riegos de asfalto, así como toda labor, mano de obra, equipo o material necesarios para la correcta ejecución de los trabajos especificados.

En el caso de las lechadas asfálticas, el precio unitario deberá incluir la elaboración de la mezcla en el equipo de fabricación y extensión.

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

Se exceptúa el costo de suministro, almacenamiento, desperdicios y aplicación de materiales bituminosos en las paredes de la excavación y la superficie sobre la que ha de colocarse mezcla asfáltica en operaciones de bacheo, el cual se deberá incluir dentro del precio unitario de dicha mezcla.

400.7.3 Ejecución de mezclas en frío y en caliente y bacheos con mezcla asfáltica

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por metro cúbico (m³), para toda obra ejecutada de acuerdo con la respectiva especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir todos los costos de la elaboración, colocación, nivelación y compactación de las mezclas elaboradas.

En el caso de mezclas en frío, el precio unitario deberá incluir, también, los costos de extracción, bombeo, transporte, suministro y aplicación del agua requerida, así como el curado de las mezclas compactadas.

El precio unitario también deberá incluir el suministro y aplicación del asfalto para la pintura de adherencia en las juntas del pavimento y en las caras verticales y la superficie sobre la cual se colocará mezcla asfáltica durante el relleno de las excavaciones para reparación del pavimento existente (bacheo) y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de la capa respectiva, así como los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

En las mezclas asfálticas que se elaboren en caliente, salvo las contempladas en el Artículo 451, el precio unitario deberá incluir, también, los costos por el registro fotográfico infrarrojo para establecer las temperaturas de colocación y compactación de las mezclas en obra.

Se excluyen del precio unitario el suministro y el almacenamiento del producto asfáltico para la mezcla, los cuales se pagarán de acuerdo con la especificación referente a dicho producto. En caso de que se requieran aditivos mejoradores de adherencia, su costo deberá estar incluido dentro del precio unitario de la mezcla.

Las excavaciones para la reparación de un pavimento asfáltico existente se pagarán de acuerdo con el Artículo 465 de las presentes especificaciones, excepto las que queden taxativamente cubiertas por el Artículo 460.

400.7.4 Ejecución de reciclado de pavimentos asfálticos

El pago se hará al precio unitario del contrato, por metro cúbico (m³), por toda obra ejecutada de acuerdo con la respectiva especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

En los casos en que el trabajo requiera la incorporación de agregados pétreos nuevos, el precio unitario deberá incluir todos los costos de suministro, de acuerdo con el numeral 400.7.1.

En el caso de reciclado de pavimentos en frío, el precio unitario deberá incluir todos los costos por concepto de cortar y disgregar las capas asfálticas y granulares. También, deberá incluir todos los costos de la extracción, bombeo, transporte, suministro, aplicación y mezcla del agua requerida, según se haya definido en la fórmula de trabajo, o la eventual aireación de la mezcla preparada; así como los del suministro e incorporación de los mejoradores de adherencia y de los controladores de rotura de la emulsión asfáltica; los de la aplicación y mezcla del agente de reciclado y de los demás elementos de aporte, incluyendo el calentamiento del cemento asfáltico en el caso de reciclados del tipo asfalto espumado; la extensión de la mezcla elaborada, su nivelación, compactación y perfilado y el suministro y aplicación de la emulsión y arena requeridas para los riegos de curado y su barrido; el retiro y disposición final de sobretamaños y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del reciclado en frío del pavimento.

Se excluyen del precio unitario del reciclado de pavimentos en frío en el lugar, los costos referentes a la demolición parcial y posterior reconstrucción de las estructuras de servicios públicos que requieran este tratamiento, según lo indicado en el numeral 461.4.4 del Artículo 461. La

ejecución de estos trabajos se pagará de acuerdo con la especificación particular respectiva.

En el caso de reciclado de pavimentos en planta y en caliente, el precio unitario deberá incluir los costos de acopio, tratamiento y caracterización de los materiales fresados por reciclar; los de fabricación de la mezcla reciclada en caliente; los de almacenamientos eventuales de la mezcla elaborada y los de su transporte, descarga, extensión, nivelación y compactación en obra, así como los que implique el registro fotográfico infrarrojo para dejar constancia de las temperaturas de colocación y compactación de la mezcla.

El precio unitario del reciclado de pavimentos en planta y en caliente deberá incluir, también, todos los costos de suministro e incorporación en la mezcla del llenante mineral y de los mejoradores de adherencia que se requieran de acuerdo con lo que establezca la fórmula de trabajo y los de incorporación del cemento asfáltico nuevo y de los agentes rejuvenecedores de reciclado que sean necesarios para recuperar las propiedades del asfalto incluido en la mezcla disgregada; así como los correspondientes a cargues, almacenamiento, transportes, descargues, desperdicios, extensión y compactación de la mezcla reciclada; y el suministro y aplicación del asfalto para la pintura de adherencia en las juntas del pavimento y en las caras verticales y la superficie sobre la cual se colocará mezcla asfáltica reciclada en caliente durante el relleno de las excavaciones para reparación del pavimento existente (bacheo) y, en general, todo costo relacionado con la correcta y completa ejecución del trabajo especificado en el Artículo 462.

Se excluyen del precio unitario del reciclado de pavimentos asfálticos en planta y en caliente todos los costos por concepto de disgregar las capas asfálticas en el espesor indicado en los documentos del proyecto u ordenado por el Interventor, así como su cargue, transporte y disposición en los sitios de acopio aprobados, los cuales se pagarán con cargo al Artículo 460, “Fresado de Pavimentos Asfálticos”.

Formarán parte del precio unitario, tanto de los reciclados en frío como en caliente, los costos de la definición de la fórmula de trabajo, los de la fase de experimentación y los de la adecuación paisajística de las fuentes que se hayan explotado para la obtención de los agregados nuevos, de manera de recuperar las características hidrológicas superficiales al terminar su explotación y demás requisitos establecidos en el Artículo 106 “Aspectos Ambientales” de las presentes especificaciones y en la

normativa ambiental vigente; también, todos los costos relacionados con la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos y el período adicional que fije el Interventor; los costos de los desvíos que fuese necesario construir con motivo de la ejecución de las obras; así como los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

En los reciclados con productos bituminosos, se excluye del precio unitario el suministro del cemento asfáltico o la emulsión asfáltica, el cual se pagará de acuerdo con lo que establecen los Artículos 410 y 411, respectivamente. También, se excluyen el costo del suministro de los elementos de aporte (puzolanas) citados en el numeral 461.2.3 del Artículo 461 para el reciclado en frío y el del rejuvenecedor del asfalto para el reciclado de mezclas en caliente, cuando éste se requiera, los cuales se pagarán de acuerdo con las especificaciones particulares respectivas.

En los reciclados que empleen ligantes hidráulicos, se excluye del precio unitario el suministro del agente de reciclado, el cual se pagará de acuerdo con lo que establezca la especificación particular que corresponda.

Las excavaciones requeridas para la reparación del pavimento existente, se pagarán de acuerdo con el Artículo 465 de las presentes especificaciones, salvo lo previsto en el numeral 465.1 de dicho Artículo.

SUMINISTRO DE CEMENTO ASFÁLTICO

ARTÍCULO 410 – 13

410.1 DESCRIPCIÓN

Esta especificación se refiere al suministro de cemento asfáltico para la fabricación de mezclas asfálticas que se elaboren de conformidad con lo establecido en los Artículos correspondientes de estas especificaciones.

410.2 MATERIALES

410.2.1 Definición

El cemento asfáltico es un producto bituminoso semi-sólido a temperatura ambiente, preparado a partir de hidrocarburos naturales mediante un proceso de destilación, el cual contiene una proporción muy baja de productos volátiles, posee propiedades aglomerantes y es esencialmente soluble en tricloroetileno.

410.2.2 Designación y especificaciones

La designación del cemento asfáltico será por grados de penetración, en décimas de milímetro (0.1 mm). El material por suministrar será de grado de penetración 40-50, 60-70 u 80-100, de acuerdo con las características de la mezcla y del proyecto, que cumpla los requisitos de calidad establecidos la Tabla 410 - 1.

En el caso de mezclas recicladas en caliente o en frío que requieran un cemento asfáltico de diferente penetración, su suministro se realizará conforme lo establezca la respectiva especificación particular.

410.2.3 Ensayos complementarios

Además de los ensayos básicos mencionados en el numeral anterior, el proveedor del asfalto deberá entregar la clasificación del asfalto por el sistema PG (Performance Grade), según la norma AASHTO M 320 "Standard Specification for Performance-Graded Asphalt Binder", acompañada de los resultados de los ensayos que definen la clasificación.

Tabla 410 - 1. Especificaciones del cemento asfáltico

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	GRADO DE PENETRACIÓN					
		40-50		60-70		80-100	
		MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX
Asfalto original							
Penetración (25° C, 100 g, 5 s), 0.1 mm	E-706	40	50	60	70	80	100
Punto de ablandamiento, °C	E-712	52	58	48	54	45	52
Índice de penetración	E-724	-1.2	+0.6	-1.2	+0.6	-1.2	+0.6
Viscosidad absoluta (60° C), P	E-716 o E-717	200 0	-	150 0	-	100 0	-
Ductilidad (25° C, 5 cm/min), cm	E-702	80	-	100	-	100	-
Solubilidad en tricloroetileno, %	E-713	99	-	99	-	99	-
Contenido de agua, %	E-704	-	0.2	-	0.2	-	0.2
Punto de inflamación mediante copa abierta de Cleveland, °C	E-709	240	-	230	-	230	-
Contenido de parafinas, %	E-718	-	3	-	3	-	3
Asfalto residual, luego de la prueba de acondicionamiento en película delgada rotatoria, norma de ensayo INV E-720							
Pérdida de masa por calentamiento, %	E-720	-	0.8	-	0.8	-	1.0
Penetración del residuo, en % de la penetración del asfalto original	E-706	55	-	50	-	46	-
Incremento en el punto de ablandamiento, °C	E-712	-	8	-	9	-	9
Índice de envejecimiento: relación de viscosidades (60° C) del asfalto residual y el asfalto original	E-716 o E-717	-	4	-	4	-	4

Los documentos del proyecto pueden establecer un requisito para la clasificación PG del asfalto. Si no lo establecen, la clasificación deberá ser, como mínimo, PG 64-22 para los asfaltos 40-50 y 60-70, y PG 58-22 para el asfalto 80-100; es decir, que la temperatura máxima asociada a la clasificación PG no deberá ser inferior a 64° C para los asfaltos 40-50 y 60-70 (58° C para el asfalto 80-100) y la mínima asociada a la clasificación PG no deberá ser inferior a -22° C para todos los asfaltos.

410.3 EQUIPO

En adición a las condiciones generales del Artículo 400, numeral 400.3, se deberá tener en cuenta lo siguiente:

410.3.1 Vehículos de transporte

El transporte del cemento asfáltico desde la planta de producción se deberá efectuar en caliente y a granel, en carrotanques con adecuados sistemas de calefacción y termómetros ubicados en sitios visibles. Deberán estar dotados, además, de los medios mecánicos que permitan el rápido trasvase de su contenido a los depósitos de almacenamiento. Así mismo, dispondrán de un elemento adecuado para la toma de muestras.

410.3.2 Depósitos de almacenamiento

El almacenamiento que requiera el cemento asfáltico antes de su aplicación, se realizará en tanques adecuados para tal fin, los cuales tendrán los aparatos de medida y seguridad necesarios para garantizar su correcto funcionamiento, situados en puntos de fácil acceso. Así mismo, dispondrán de una válvula adecuada para la toma de muestras.

Cuando los tanques de almacenamiento no dispongan de medios de carga propios, los carrotanques empleados para el transporte del cemento asfáltico deberán estar dotados de medios neumáticos o mecánicos apropiados para el trasvase rápido de su contenido a los tanques. Cuando se empleen bombas de trasvase, se preferirán las de tipo rotativo a las centrífugas. El trasvase desde el carrotanque al tanque de almacenamiento se realizará siempre por tubería directa.

Todas las tuberías usadas para el trasvase del cemento asfáltico del carrotanque al tanque de almacenamiento y de éste al equipo de empleo, deberán estar dispuestas de manera que se puedan limpiar fácilmente después de cada aplicación y/o jornada de trabajo.

410.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

410.4.1 Recibo del producto

A la llegada de cada carrotanque al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante del cemento asfáltico, con la siguiente información:

- Tipo de cemento asfáltico, de acuerdo con la denominación descrita en el numeral 410.2.2.
- Fechas de elaboración y despacho

- Resultados de ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, con la lista de verificación que muestre la conformidad con los requisitos establecidos en la Tabla 410 - 1.
- Clasificación del asfalto por el sistema PG (Performance Grade), acompañada de los resultados de los ensayos que la definen, según lo establecido en el numeral 410.2.3, con antigüedad no mayor a un (1) mes.

No se aceptará el empleo de suministros de cemento asfáltico que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

La certificación no evitará la ejecución de ensayos de comprobación por parte del Interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega. De todas maneras, el Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de cemento asfáltico que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

Con la frecuencia que el Interventor considere pertinente, se deberán comprobar los sistemas de transporte y trasvase y las condiciones de almacenamiento, en todo cuanto pueda afectar la calidad del material; el Interventor podrá ordenar la suspensión de la utilización del contenido del tanque o carrotanque, mientras se realizan las comprobaciones que estime convenientes de las características de calidad del cemento asfáltico.

410.4.2 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

410.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DEL PRODUCTO

410.5.1 Controles generales

Se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el cumplimiento de la legislación vigente en relación con las materias ambiental, de seguridad industrial, almacenamiento y transporte;

- Verificar el estado y funcionamiento de los equipos de transporte y almacenamiento del cemento asfáltico;
- Verificar que durante el vaciado de los carrotanques, no se lleven a cabo manipulaciones que puedan afectar la calidad del producto, generar incendios o poner en riesgo la integridad de la flora, ni la seguridad de personas, bienes o animales;
- Cada vez que el Interventor lo estime conveniente, se tomarán muestras para los ensayos que indica la Tabla 410 - 1 y se efectuarán las respectivas pruebas. Las muestras se deberán tomar de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma INV E-701;
- Verificar que no se produzca calentamiento excesivo del cemento asfáltico, antes de su mezcla con los agregados pétreos, que induzca la oxidación prematura del producto e impida que se ajuste a las exigencias del ítem en ejecución.

410.5.2 Controles específicos para el recibo y tolerancias

Se adelantarán las siguientes actividades:

- Comprobar, mediante muestras representativas de cada entrega, el grado de penetración, el punto de ablandamiento y la viscosidad del asfalto. En todos los casos, el Interventor guardará una muestra para eventuales ensayos ulteriores de contraste, cuando alguna de las partes manifieste inconformidad con los resultados iniciales. Si los resultados de las pruebas de contraste no son satisfactorios, se rechazará el producto y las partidas de trabajo que eventualmente se hubiesen fabricado con él.
- Realizar una vez por cada mes de ejecución de las obras y como mínimo tres (3) veces a intervalos convenientemente espaciados si la obra dura menos de tres (3) meses, todos los ensayos necesarios para verificar las características especificadas en la Tabla 410 - 1.
- Efectuar los ensayos necesarios para determinar la cantidad de cemento asfáltico incorporado en las mezclas que el Interventor haya aceptado a satisfacción.

En desarrollo de las dos primeras actividades citadas, no se admitirá tolerancia alguna en relación con los límites que se establecen en la Tabla

410 - 1 o en la especificación particular del proyecto. Por lo tanto, su incumplimiento implica el rechazo del producto.

En cuanto a la tercera, se aplicará la recomendación de la especificación correspondiente a la partida de trabajo que se esté controlando.

410.6 MEDIDA

El cemento asfáltico se medirá para pago en aquellas unidades de obra en que el Artículo correspondiente a la unidad de la que forme parte indique que su suministro se pagará por aparte. En este caso, la unidad de medida del cemento asfáltico será el kilogramo (kg), aproximado al kilogramo completo, incorporado en la mezcla asfáltica debidamente aceptada por el Interventor.

Para determinar la cantidad de cemento asfáltico por pagar, se calculará la masa de la mezcla aceptada en su posición final, mediante el producto del volumen aprobado por su densidad media en obra en cada lote y, posteriormente, aplicando a este valor el porcentaje de asfalto promedio que resulte de los ensayos de extracción sobre muestras representativas del volumen de mezcla aceptada.

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

En el caso de mezclas recicladas, se deberá descontar la masa del asfalto incluido dentro del material que se está reciclando.

410.7 FORMA DE PAGO

En aquellas unidades de obra en que el Artículo indique que el suministro de cemento asfáltico se pagará por aparte, el pago se hará al precio unitario del contrato, por el cemento asfáltico efectivamente incorporado en la mezcla asfáltica, en su posición final, recibida a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de suministro del asfalto en obra, manejo, almacenamiento, calentamiento y transportes entre la planta de producción del asfalto y el sitio de colocación final. Además, deberá cubrir los costos por concepto de desperdicios y, en general, todo costo necesario para el correcto cumplimiento de esta especificación.

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

410.8 ÍTEM DE PAGO

410.1	Cemento asfáltico de penetración 40-50	Kilogramo (kg)
410.2	Cemento asfáltico de penetración 60-70	Kilogramo (kg)
410.3	Cemento asfáltico de penetración 80-100	Kilogramo (kg)

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

NORMA INVIAS 2
Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

SUMINISTRO DE EMULSIÓN ASFÁLTICA

ARTÍCULO 411 – 13

411.1 DESCRIPCIÓN

Esta especificación se refiere al suministro de una emulsión asfáltica, del tipo y características de rotura apropiados, en el sitio de colocación de mezclas en frío, densas o abiertas, recicladas o estabilizadas, así como en el sitio de ejecución de riegos de imprimación, liga y curado, tratamientos superficiales, sellos de arena-asfalto, lechadas asfálticas e instalación de geotextiles y geomallas para repavimentación.

411.2 MATERIALES

411.2.1 Definición

Se definen como emulsiones asfálticas las dispersiones de pequeñas partículas de un cemento asfáltico en una solución de agua y un agente emulsificante de carácter catiónico, lo que determina la denominación de la emulsión. Deberán presentar un aspecto homogéneo y una adecuada dispersión del cemento asfáltico en la fase acuosa.

411.2.2 Designación

A efectos de la aplicación de este Artículo y de las presentes Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras, la denominación del tipo de emulsión asfáltica se compondrá de la letra C, representativa del emulsificante catiónico utilizado en su fabricación, seguida de las letras RR, RM o RL según su tipo de rotura (rápida, media o lenta). A continuación de las letras anteriores habrá un guión y el número 0, 1 o 2, indicativo del contenido de ligante residual en la emulsión. La letra h, que acompaña la denominación de una de las emulsiones de rotura lenta, indica que se trata de una emulsión de alta estabilidad.

Para las emulsiones CRR1, CRR-2 y CRL-1 se establecen dos rangos para la penetración del residuo:

- ARD: asfalto residual duro, para aplicaciones en zonas de clima cálido;
- ARB: asfalto residual blando, para aplicaciones en zonas de clima frío.

Las emulsiones asfálticas deberán cumplir con los requisitos de calidad establecidos en la Tabla 411 - 1.

En el caso de mezclas recicladas en frío que requieran una emulsión asfáltica de diferentes características, su suministro se realizará conforme lo establezca la respectiva especificación particular.

411.3 EQUIPO

411.3.1 Vehículos de transporte

El transporte de la emulsión asfáltica desde la planta de fabricación hasta el sitio de colocación, se realizará a granel, en carrotanques que no requieren aislamientos térmicos ni calefacción. Estarán dotados de los medios mecánicos que permitan el rápido traslado de su contenido a los depósitos de almacenamiento. Así mismo, dispondrán de un elemento adecuado para la toma de muestras.

411.3.2 Depósitos de almacenamiento

El almacenamiento que requiera la emulsión asfáltica antes de su uso, se realizará en tanques cilíndricos verticales, con tuberías de fondo para carga y descarga, las cuales se deberán encontrar en posiciones diametralmente opuestas. Los tanques tendrán bocas de ventilación para evitar que trabajen a presión y contarán con los aparatos de medida y seguridad necesarios para garantizar su correcto funcionamiento, situados en puntos de fácil acceso. Así mismo, dispondrán de una válvula adecuada para la toma de muestras. Deberán, además, estar provistos de elementos que permitan la recirculación de la emulsión, cuando ésta se deba almacenar por tiempo prolongado.

Cuando los tanques de almacenamiento no dispongan de medios de carga propios, los carrotanques empleados para el transporte de la emulsión asfáltica deberán estar dotados de medios neumáticos o mecánicos apropiados para el trasvase rápido de su contenido a los tanques. Cuando se empleen bombas de trasvase, se preferirán las de tipo rotativo a las centrífugas. El trasvase desde el carrotanque al tanque de almacenamiento se realizará siempre por tubería directa.

Tabla 411 - 1. Especificaciones de emulsiones asfálticas catiónicas

ENSAYOS SOBRE LA EMULSIÓN	NORMA DE ENSAYO INV	ROTURA RÁPIDA				ROTURA MEDIA		ROTURA LENTA					
		CRR - 1		CRR - 2		CRM		CRL - 0		CRL - 1		CRL - 1h	
		Mín	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Viscosidad Saybolt Furol a 25°C, s Saybolt Furol a 50°C, s	E-763	20	100	-	-	-	-	-	50	20	200	20	100
Contenido de agua, %	E-761	-	40	-	35	-	35	-	50	-	43	-	43
Estabilidad durante almacenamiento (24 horas), % Sedimentación a los 5 días, %	E-764	-	1 5	-	1 5	-	1 5	-	- 10	-	1 5	-	1 5
Destilación Contenido de asfalto residual, % Contenido de aceite, %	E-762	60	- 3	65	- 3	65	- 12	40	- 20	57	- -	57	- -
Tamizado Retenido tamiz No. 20 (850 μm), %	E-765	-	0.10	-	0.10	-	0.10	-	0.10	-	0.10	-	0.10
Demulsibilidad, %	E-766	40	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rotura en ensayo de mezcla con cemento, %	E-770	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0
Carga de partícula	E-767	Positiva		Positiva		Positiva		Positiva		Positiva		Positiva	
pH	E-768	-	6	-	6	-	6	-	6	-	6	-	6
Cubrimiento del agregado y resistencia al desplazamiento - Con agregado seco - Con agregado seco y acción del agua - Con agregado húmedo - Con agregado húmedo y acción del agua	E-769	-	-	-	-	Buena Satisfactoria		-	-	-	-	-	-
Ensayos sobre el residuo de destilación													
Penetración (25° C ,100 gr, 5 s), 0.1 mm - ARD - ARB	E-706	60	100	60	100	100	250	200	300	60	100	60	100
Ductilidad (25° C ,5 cm/min) , cm	E-702	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-
Solubilidad en tricloroetileno, %	E-713	97.5	-	97.5	-	97.5	-	97.5	-	97.5	-	97.5	-

Todas las tuberías usadas para el trasvase de la emulsión asfáltica, del carrotanque al tanque de almacenamiento y de éste al equipo de empleo, deberán estar dispuestas de manera que se puedan limpiar fácilmente después de cada aplicación y/o jornada de trabajo.

411.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

411.4.1 Recibo del producto

A la llegada de cada carrotanque al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante de la emulsión, con la siguiente información:

- Tipo de emulsión asfáltica y velocidad de rotura;
- Fechas de elaboración y despacho;
- Resultados de ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, con la lista de verificación que muestre la conformidad con los requisitos establecidos en la Tabla 411 - 1 o lo que indique la respectiva especificación particular, en los casos en que se autorice el empleo de una emulsión asfáltica de características diferentes.

No se aceptará el empleo de suministros de emulsión asfáltica que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

La certificación no evitará la ejecución de ensayos de comprobación por parte del Interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega. De todas maneras, el Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de emulsión asfáltica que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

Con la frecuencia que el Interventor considere pertinente, se deberán comprobar los sistemas de transporte y trasvase y las condiciones de almacenamiento, en todo cuanto pueda afectar la calidad del material; el Interventor podrá ordenar la suspensión de la utilización del contenido del tanque o carrotanque, mientras realiza las comprobaciones que estime convenientes de las características de calidad de la emulsión asfáltica.

El empleo de la emulsión asfáltica en la elaboración de riegos, tratamientos superficiales, sellos de arena-asfalto, lechadas asfálticas, mezclas y estabilizaciones, se hará conforme se establece en la especificación correspondiente a la partida de trabajo de la cual formará parte.

411.4.2 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

411.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DEL PRODUCTO

411.5.1 Controles generales

Se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar que en las operaciones de suministro de la emulsión asfáltica, el Constructor cumpla la legislación vigente en relación con las materias ambiental, de seguridad industrial, almacenamiento y transporte.
- Verificar el estado y funcionamiento de los equipos de transporte y de almacenamiento de la emulsión asfáltica.
- Verificar que durante el vaciado de los carrotanques, no se lleven a cabo manipulaciones que puedan afectar la calidad del producto, generar incendios o poner en riesgo la integridad de la flora ni la seguridad de personas, bienes o animales.
- Tomar muestras para los ensayos que indica la Tabla 411 - 1 y efectuar las respectivas pruebas, cada vez que el Interventor lo estime conveniente. Las muestras se deberán tomar de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma INV E-701.

411.5.2 Controles específicos para el recibo y tolerancias

Al respecto, se adelantarán las siguientes verificaciones:

- Comprobar, mediante muestras representativas de cada entrega, el tipo de emulsión, su contenido de agua y la penetración del

residuo. En todos los casos, el Interventor guardará una muestra para eventuales ensayos ulteriores de contraste, cuando alguna de las partes manifieste inconformidad con los resultados iniciales. Si los resultados de las pruebas de contraste no son satisfactorios, se rechazará el producto y las partidas de trabajo que eventualmente se hubiesen fabricado con él.

- Comprobar una vez por cada mes de ejecución de las obras y como mínimo tres (3) veces a intervalos convenientemente espaciados si la obra dura menos de tres (3) meses, todos los ensayos necesarios para verificar las características especificadas en la Tabla 411 - 1 o en la especificación particular del proyecto.
- Efectuar los ensayos necesarios para determinar la cantidad de emulsión asfáltica incorporada en riegos, tratamientos superficiales, sellos de arena-asfalto, lechadas asfálticas, mezclas, reciclados y estabilizaciones.

En desarrollo de las dos primeras actividades, no se admitirá ninguna tolerancia en relación con los límites que se establecen en la Tabla 411 - 1 o en la especificación particular del proyecto y en cuanto a la tercera, se aplicará lo que recomiende la especificación correspondiente a la partida de trabajo que se esté controlando.

Si la emulsión ha estado almacenada durante un plazo superior a quince (15) días antes de su empleo, se deberán realizar determinaciones del contenido de asfalto residual y tamizado sobre muestras representativas de las partes superior e inferior de la emulsión almacenada. En caso de que no se cumpla lo establecido para estas características en la Tabla 411 - 1, se procederá a su homogeneización y a la realización de nuevos ensayos y si los resultados de estos últimos no resultan satisfactorios, la emulsión será rechazada.

411.6 MEDIDA

La unidad de medida de la emulsión asfáltica será el litro (l), aproximado al litro completo, de emulsión incorporada en las mezclas y estabilizaciones ejecutadas a satisfacción del Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida para cada uno de los ítems, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

Debido a que al aplicar la emulsión en obra pierde el agua que contiene, la determinación de la cantidad de emulsión realmente utilizada se hará a partir del peso de la mezcla o estabilización aceptada en su posición final, el cual se obtendrá multiplicando el volumen aprobado por la densidad media obtenida en obra en cada lote. Al peso así determinado, se le aplicará el porcentaje promedio de asfalto que resulte de los ensayos de extracción sobre muestras representativas de la mezcla aceptada.

En el caso de mezclas recicladas, se deberá descontar el peso del asfalto incluido dentro del material que se está reciclando.

Como este valor corresponde únicamente a asfalto residual, su conversión a emulsión asfáltica se realizará de acuerdo con la concentración de ésta. Por último, la conversión de peso de emulsión a volumen se realizará considerando una densidad de un kilogramo por litro (1 kg/l). Para efectos de pago, se considerará siempre una emulsión asfáltica con una concentración de sesenta por ciento (60 %); por lo tanto, si la emulsión suministrada y utilizada tiene una concentración diferente, se hará la conversión correspondiente mediante la expresión:

$$\text{Volumen para pago} = \text{Volumen aplicado} \times \frac{C}{60\%} \quad [411.1]$$

Siendo: C: Concentración de la emulsión empleada, en porcentaje.

No habrá medida, para efectos de pago separado, de la emulsión asfáltica utilizada en riegos de imprimación, liga y curado, tratamientos superficiales simples y dobles, sellos de arena-asfalto, y lechadas asfálticas e instalación de geotextiles y geomallas para repavimentación

411.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al precio unitario del contrato, por la emulsión asfáltica efectivamente incorporada en las mezclas o estabilizaciones en su posición final, recibidas a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de suministro de la emulsión en obra, manejo, almacenamiento y transportes entre la planta de fabricación de la emulsión y el sitio de colocación final. Además, deberá cubrir los costos por concepto de desperdicios, y, en general, todo costo necesario para el correcto cumplimiento de esta especificación.

Deberá cubrir, también, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

No habrá ningún pago separado por concepto de la emulsión asfáltica incorporada en riegos de imprimación, riegos de liga, tratamientos superficiales simples, tratamientos superficiales dobles, sellos de arena-asfalto, lechadas asfálticas e instalación de geotextiles y geomallas para repavimentación. En consecuencia, todos los costos relacionados con su suministro y correcta aplicación en estas partidas de trabajo, se deberán incluir en el precio unitario del ítem del cual formará parte, según se establece en los Artículos 420, 421, 430, 431, 432, 433, 464 y 467, respectivamente.

Tampoco habrá pago separado por concepto de la emulsión asfáltica incorporada en riegos de curado, a los cuales hace referencia el Artículo 422. Todos los costos relacionados con su suministro y correcta aplicación se deberán incluir en el precio unitario de la capa sobre la cual se aplica.

411.8 ÍTEM DE PAGO

411.1	Emulsión asfáltica de rotura media CRM	Litro (l)
411.2	Emulsión asfáltica de rotura lenta CRL-1 ARD	Litro (l)
411.3	Emulsión asfáltica de rotura lenta CRL-1 ARB	Litro (l)
411.4	Emulsión asfáltica de rotura lenta CRL-1h	Litro (l)

SUMINISTRO DE ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA

ARTÍCULO 412 – 13

412.1 DESCRIPCIÓN

Esta especificación se refiere al suministro un aditivo mejorador de adherencia para la fabricación de tratamientos y mezclas asfálticas que se elaboren de conformidad con lo establecido en los Artículos correspondientes de estas especificaciones.

412.2 MATERIALES

Se empleará un aditivo mejorador de adherencia debidamente respaldado por la experiencia, el cual deberá cumplir los requisitos de las especificaciones señaladas por su fabricante

El aditivo deberá garantizar el grado de afinidad requerido entre el par asfalto-agregado, según el tratamiento o mezcla que se esté ejecutando.

412.3 EQUIPO

En adición a lo que resulte pertinente del numeral 400.3 del Artículo 400, aplica lo siguiente:

412.3.1 Empaque

Para su traslado al sitio de las obras, el aditivo se podrá empacar en bolsas, canecas o a granel. Las bolsas sólo se podrán emplear cuando el aditivo sea sólido.

412.3.2 Vehículos de transporte

Si el suministro se hace en bolsas o canecas, el transporte podrá efectuarse en cualquier camión convencional. El vehículo deberá disponer de lonas o cobertores adecuados, debidamente asegurados a su carrocería, que protejan al aditivo durante su transporte.

Si el suministro se realiza a granel, se deberán emplear camiones cisterna dotados de dispositivos mecánicos que permitan el rápido traslado de su contenido a los depósitos de almacenamiento.

412.3.3 Depósitos de almacenamiento

El depósito de los aditivos suministrados en bolsas o canecas deberá ser ventilado y cubierto y disponer de los elementos que aseguren la protección del producto contra los agentes atmosféricos, particularmente la humedad proveniente tanto del suelo como de las paredes del almacén.

Los silos de almacenamiento de aditivos suministrados a granel deberán estar completamente aislados contra la humedad y dispondrán de sistemas apropiados para su rápido llenado y vaciado.

412.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

412.4.1 Aspectos generales

La incorporación del aditivo mejorador de adherencia en los tratamientos y mezclas se hará en la proporción definida en el diseño de éstos, siguiendo el procedimiento establecido por el fabricante.

412.4.2 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

412.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DEL PRODUCTO

412.5.1 Controles generales

Se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar que en las operaciones de suministro del aditivo mejorador de adherencia, el Constructor cumpla la legislación vigente en relación con las materias ambiental, de seguridad industrial, almacenamiento y transporte.
- Llevar un registro detallado del período de almacenamiento de cada lote de aditivo, impidiendo el empleo de cualquier aditivo con posterioridad a su fecha de vencimiento.

- Verificar que durante el manejo del aditivo no se efectúen operaciones que puedan afectar su calidad.
- Comprobar la correcta incorporación del aditivo en el tratamiento o mezcla.
- Cada vez que el Interventor lo estime conveniente, se tomarán muestras del producto para la ejecución eventual de pruebas de control, las cuales se deberán realizar de acuerdo con los procedimientos previstos por el fabricante.

412.5.2 Controles específicos para el recibo y tolerancias

Se deberá comprobar que con la cantidad de aditivo efectivamente incorporada en el tratamiento o mezcla se satisfacen los requisitos de adhesividad exigidos en los Artículos correspondientes; no se admitirá ninguna tolerancia en relación con la cantidad de aditivo por incorporar.

412.6 MEDIDA

No habrá lugar a medida, para efectos de pago separado, del aditivo mejorador de adherencia que se deba incorporar en los tratamientos o mezclas que lo requieran, para garantizar el cumplimiento de las exigencias de adhesividad de la respectiva especificación.

412.7 PAGO

No habrá pago separado por el aditivo mejorador de adherencia. Por lo tanto, todos los costos de suministro, patente, manejo, almacenamiento, desperdicios, cargues, transportes, descargues, incorporación y cualquier otro costo requerido para la correcta ejecución de los trabajos, se deberán incluir dentro del precio unitario del tratamiento o mezcla respectivo.

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

SUMINISTRO DE CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO CON GRANO DE CAUCHO RECICLADO

ARTÍCULO 413 – 13

413.1 DESCRIPCIÓN

Esta especificación se refiere al suministro de cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado en el sitio de elaboración de las mezclas asfálticas que se elaboren con dicho producto, de conformidad con lo establecido en los Artículos correspondientes de estas especificaciones.

El cemento asfáltico modificado con caucho reciclado se usará únicamente en aquellas mezclas en las cuales los documentos técnicos del proyecto especifiquen su uso.

413.2 MATERIALES

413.2.1 Definiciones

El cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado es un ligante hidrocarbonado resultante de la mezcla de cemento asfáltico, grano de caucho reciclado (GCR) y, eventualmente, otros aditivos que se requieran para utilizar el ligante en trabajos de pavimentación.

El grano de caucho reciclado (GCR) corresponde a partículas de caucho obtenidas del reciclaje de llantas (vulcanizado).

413.2.2 Cemento asfáltico

Debe cumplir con las características establecidas en el Artículo 410. El tipo de asfalto por emplear se deberá indicar en los documentos del proyecto y deberá permitir la obtención de las propiedades de cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado indicadas en la Tabla 413 - 2.

413.2.3 Grano de caucho reciclado (GCR)

El grano de caucho reciclado debe presentar las características que se mencionan en la Tabla 413 - 1. Además, su gradación se deberá acomodar

a alguna de las gradaciones presentadas en la Tabla 413 - 2; la gradación por emplear deberá estar definida en los documentos del proyecto.

Tabla 413 - 1. Características del grano de caucho reciclado GCR

CARACTERÍSTICA	REQUISITO
Humedad	- Máximo 0.75 % de la masa total de la mezcla. - El GCR debe fluir libremente
Gravedad específica	1.15 ± 0.05
Contenido de metales no ferrosos	No debe haber presencia visible
Contenido de metales ferrosos, en masa	Máximo 0.01%
Contenido de fibra en masa, en masa: - Para mezclas en caliente - Para riegos	Máximo 0.5% Máximo 0.1%
Contenido de polvo mineral (como talco): se suele usar para prevenir que los granos se peguen	Máximo 4.0%
Contenido total de otros elementos extraños, en masa; incluye: - Vidrio - Arena - Madera, etc	Máximo 0.25%

La verificación de las características del grano de caucho reciclado se deberá realizar siguiendo las indicaciones de la norma ASTM D-6114.

Tabla 413 - 2. Distribución de tamaños del grano de caucho reciclado GCR

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)					
	2.38	2.00	1.19	0.59	0.30	0.075
	No. 8	No. 10	No. 16	No. 30	No. 50	No. 200
% PASA						
Tipo A	100	95 - 100	0 - 10	-	-	-
Tipo B	-	100	65 - 100	20 - 100	0 - 45	0 - 5

413.3 EQUIPO

El cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado se fabricará en equipos especializados que garanticen la calidad de la mezcla. El Constructor deberá entregar al Interventor la certificación del fabricante sobre la idoneidad del equipo, así como los certificados recientes de la calibración de todos sus dispositivos de medida.

413.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

413.4.1 Diseño del cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado

El Constructor deberá presentar, para aprobación y con suficiente anticipación al inicio de los trabajos, el diseño del cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado. En general, se requiere que la proporción de caucho sea al menos el 15% de la masa total del asfalto modificado con grano de caucho reciclado para obtener unas propiedades aceptables de la mezcla asfalto-caucho.

El ligante deberá cumplir con los requisitos indicados en la Tabla 413 - 3, para el tipo de asfalto modificado con grano de caucho reciclado que se especifique en los documentos del proyecto. El proceso de escogencia del tipo de ligante deberá tener en cuenta las guías climatológicas de la norma ASTM D 6114.

Además de los ensayos básicos mencionados en la tabla anterior, el proveedor del cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado deberá entregar la clasificación del asfalto por el sistema PG (performance grade), según la norma ASTM D-6373 "*Standard Specification for Performance Graded Asphalt Binder*", tanto del asfalto original (antes de modificar) como del asfalto modificado, acompañada de los resultados de los ensayos que definen la clasificación.

413.4.2 Fabricación del cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado

Durante la producción a escala industrial del cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado, el Constructor deberá combinar los materiales de acuerdo con el diseño del ligante aprobado por el Interventor.

413.4.2.1 Mezclado del cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado

El caucho se deberá mezclar e integrar al cemento asfáltico a temperaturas elevadas y con suficiente agitación para promover la interacción física del asfalto con los componentes de grano de caucho (GCR).

La temperatura del asfalto se deberá encontrar entre 180 y 200° C en el momento de añadir el grano de caucho. No se permitirán aglomeraciones de partículas de caucho de tamaño mayor a 5cm dentro de la cámara de mezclado.

Tabla 413 - 3. Especificaciones físicas del cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado

PROPIEDADES	NORMA DE ENSAYO	TIPO DE ASFALTO-CAUCHO					
		TIPO I		TIPO II		TIPO III	
		Mín	Max	Min	Max	Min	Max
Viscosidad aparente a 175°C (Pa.s)	ASTM D-2196 Método A Modificado según ASTM D-6114	1.5	5.0	1.5	5.0	1.5	5.0
Penetración a 25 °C, 100g, 5s (1/10mm)	INV E-706	25	75	25	75	50	100
Penetración a 4 °C, 200g, 60s (1/10mm)	INV E-706	10	-	15	-	25	-
Punto de ablandamiento (°C)	INV E-712	57	-	54	-	52	-
Resiliencia a 25 °C (%)	ASTM D-5329	25	-	20	-	10	-
Punto ignición mediante copa abierta de Cleveland (°C)	INV E-709	230	-	230	-	230	-
Acondicionamiento en prueba de película delgada	INV E-720						
Penetración del residuo luego del acondicionamiento en prueba de película delgada, % de la penetración original	INV E-706	75	-	75	-	75	-

Las cantidades de asfalto y caucho deberán ser dosificadas de manera precisa, de acuerdo con el diseño del ligante. El Constructor deberá documentar el proceso de fabricación, incluyendo los resultados de la verificación de la uniformidad de la mezcla.

El Constructor deberá demostrar que los granos de caucho han sido adecuadamente mezclados de tal manera que se encuentren empapados de asfalto. Serán manifestaciones de un mezclado insuficiente la presencia de granos de caucho flotando en la superficie o aglomeraciones de partículas de caucho en la mezcla.

La temperatura del cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado inmediatamente después de su elaboración deberá encontrar entre 160 y 190°C. Se deberá mantener esta temperatura por una (1) hora antes de su uso.

413.4.2.2 Manejo del cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado

Después de su elaboración, el ligante se deberá agitar entre los períodos de uso para prevenir el asentamiento de las partículas de caucho.

Durante la producción de mezcla asfáltica, la temperatura del cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado se deberá mantener entre 160 y 190°C. Sin embargo, en ningún caso se deberá mantener esa temperatura por un período superior a 10 horas.

Si el ligante no se usa dentro de las 10 horas siguientes a su fabricación, se deberá permitir que se enfríe gradualmente. Antes de su uso, se deberá calentar de nuevo a una temperatura entre 160 y 190° C; este proceso de enfriamiento y recalentamiento no se permitirá más de una vez.

El cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado no se podrá mantener a temperaturas superiores a 120°C por más de 4 días.

413.4.2.3 Control del cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado antes de su aplicación

Antes de aplicar el ligante, se deberá verificar su viscosidad por medio del viscosímetro rotacional, la cual deberá estar dentro de los límites fijados en la Tabla 413 - 3.

413.4.2.4 Recibo del producto

De cada lote de mezcla de cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado, el Constructor deberá entregar la siguiente documentación:

- Tipo de cemento asfáltico;
- Temperatura del cemento asfáltico antes de la adición del grano de caucho;
- Tipo y fuente del grano de caucho;
- Granulometría del grano de caucho;
- Dosificación del grano de caucho;
- Tiempos y fechas en que se añadió el grano de caucho y resultados de las pruebas de viscosidad;
- Registro continuo de temperaturas, con fechas y horas, desde el momento en que se calentó el asfalto para la adición del grano de caucho hasta que el lote fue utilizado completamente en la mezcla asfáltica colocada. Se deben registrar datos de tiempos cada vez que la temperatura del ligante cambia en más de 10°C;
- Resultados de ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, con la lista de verificación que muestre la conformidad con los requisitos establecidos en la Tabla 413 - 3;
- Clasificación de los asfaltos original y modificado por el sistema PG (performance grade), acompañada de los resultados de los ensayos que la definen, según lo

establecido en el numeral 413.4.1, con antigüedad no mayor a un (1) mes.

El Interventor definirá lotes de características homogéneas, de los que se tomarán muestras representativas, las cuales deberán satisfacer las condiciones establecidas en este Artículo.

El empleo del cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado en la elaboración de mezclas asfálticas se hará conforme lo establece el Artículo correspondiente a la partida de trabajo de la cual formará parte.

413.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DEL PRODUCTO

413.5.1 Controles generales

Se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento de los equipos de fabricación del ligante.
- Cada vez el Interventor lo estime conveniente, se tomarán muestras para los ensayos que indica la Tabla 413 - 3 y se efectuarán las respectivas pruebas.
- Verificar que el producto se maneja siguiendo las indicaciones sobre temperaturas establecidas en este Artículo.

413.5.2 Controles específicos para el recibo y tolerancias

Al respecto, se adelantarán las siguientes actividades:

- Comprobar, mediante muestras representativas de cada producción, la viscosidad.
- Realizar una vez por cada mes de ejecución de las obras y como mínimo tres (3) veces a intervalos convenientemente espaciados si la obra dura menos de tres (3) meses, todos los ensayos necesarios para verificar las características especificadas en la Tabla

413 - 3 para el cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado, así como la granulometría del grano de caucho.

- Controlar la calidad del cemento asfáltico original con que se elabora el cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado, según las disposiciones del Artículo 410.
- Efectuar los ensayos necesarios para determinar la cantidad de cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado incorporado en las mezclas que el Interventor haya aceptado a satisfacción.

No se admitirá tolerancia alguna en relación con los límites que se establecen en la Tabla 413 - 3 o en la especificación particular del proyecto. Por lo tanto, su incumplimiento implica el rechazo del producto.

413.6 MEDIDA

La unidad de medida del cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado será el kilogramo (kg), aproximado al kilogramo completo, incorporado en la mezcla asfáltica, debidamente aceptada por el Interventor.

Para determinar la cantidad de asfalto por pagar, se calculará el peso de la mezcla aceptada en su posición final, mediante el producto del volumen aprobado por su densidad media en obra en cada lote y, posteriormente, aplicando a este valor el porcentaje de asfalto promedio que resulte de los ensayos de extracción sobre muestras representativas del volumen de mezcla aceptada.

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

413.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al precio unitario del contrato por el cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado, efectivamente incorporado en la mezcla asfáltica en caliente, debidamente aceptada por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de fabricación e incorporación del cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado, manejo, transporte y almacenamiento. Además, deberá cubrir los costos por concepto de patentes,

desperdicios y, en general, todo costo necesario para el correcto cumplimiento de esta especificación.

413.8 ÍTEM DE PAGO

413.1	Cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado tipo I	Kilogramo (kg)
413.2	Cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado tipo II	Kilogramo (kg)
413.3	Cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado tipo III	Kilogramo (kg)

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAC

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

SUMINISTRO DE CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO CON POLÍMEROS

ARTÍCULO 414 – 13

414.1 DESCRIPCIÓN

Esta especificación se refiere al suministro de cemento asfáltico modificado con polímeros para la fabricación de mezclas asfálticas que se elaboren con dicho producto, de conformidad con lo establecido en los Artículos correspondientes de estas especificaciones.

414.2 MATERIALES

414.2.1 Definición

El cemento asfáltico modificado con polímeros es un ligante hidrocarbonado resultante de la interacción física y/o química de polímeros con un cemento asfáltico, de los definidos en el Artículo 410 de las presentes especificaciones. Se consideran comprendidos dentro de este Artículo, los cementos asfálticos modificados con polímeros suministrados a granel y los que se fabriquen en el lugar de empleo, en instalaciones específicas independientes. Quedan excluidos los obtenidos a partir de adiciones incorporadas a los agregados o en el mezclador de la planta de fabricación de la unidad de obra de la cual vaya a formar parte el asfalto.

Los cementos asfálticos modificados con polímeros deberán presentar un aspecto homogéneo y estar prácticamente exentos de agua, de modo que no formen espuma cuando se calienten a la temperatura de empleo.

414.2.2 Designación y especificaciones

La designación y las características básicas de los cementos asfálticos modificados con polímeros, son las indicadas en la Tabla 414 - 1.

El Tipo I se basa en las propiedades de cementos asfálticos convencionales modificados con EVA o polietileno y se empleará en la elaboración de mezclas de tipo drenante.

Los Tipos II, III y IV se basan en las propiedades de cementos asfálticos convencionales modificados con copolímeros de bloque estirénico como

el SBS. El Tipo II se aplicará en mezclas drenantes, discontinuas y densas, semidensas y gruesas en caliente en general; el Tipo III en mezclas discontinuas y densas, semidensas y gruesas en caliente en zonas de altas exigencias y el Tipo IV se utilizará en la elaboración de mezclas antirreflectivas de grietas del tipo arena asfalto o riegos en caliente para membranas de absorción de esfuerzos.

El Tipo V es un asfalto modificado de alta consistencia, recomendado para la manufactura de mezclas asfálticas de alto módulo.

Se podrán utilizar cementos asfálticos modificados con polímeros diferentes a los citados en este numeral, siempre que se cumplan las exigencias respectivas de la Tabla 414 - 1 para los diferentes tipos.

Tabla 414 - 1. Especificaciones del asfalto modificado con polímeros

CARACTERÍSTICA	Norma de ensayo INV	TIPO I	TIPO IIa	TIPO IIb	TIPO III	TIPO IV	TIPO V
Asfalto original							
Penetración (25° C, 100 g, 5 s), 0.1 mm	E-706	55 a 70	40 a 70	55 a 70	55 a 70	80 a 130	15 a 40
Punto de ablandamiento, °C, mínimo	E-712	58	58	58	65	60	65
Ductilidad (5° C, 5cm/min), cm, mínimo	E-702	-	15	15	15	30	-
Recuperación elástica por torsión a 25° C, %, mínimo	E-727	15	40	40	70	70	15
Estabilidad al almacenamiento (Nota 1)							
- Diferencia en el punto de ablandamiento, ° C, máximo	E-726 y E-712	5	5	5	5	5	5
Contenido de agua, %, máximo	E-704	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Punto de ignición mediante la copa abierta Cleveland, ° C, mínimo	E-709	230	230	230	230	230	230
Residuo del ensayo de pérdida por calentamiento en película delgada rotatoria, norma de ensayo (INV E-720)							
Pérdida de masa, %, máximo	E-720	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8
Penetración del residuo, en % de la penetración original, mínimo	E-706	65	50	65	65	60	70
Incremento en el punto de ablandamiento, ° C, máximo	E-712	10	10	10	10	10	10
Ductilidad (5° C, 5cm/min), cm, mínimo	E-702	-	8	8	8	15	-

Nota 1: No se exigirá este requisito cuando los sistemas de transporte y almacenamiento estén provistos de un sistema de homogenización adecuado, aprobado por el Interventor.

414.2.3 Ensayos complementarios

Además de los ensayos básicos mencionados en el numeral anterior, el proveedor del asfalto deberá entregar la clasificación del asfalto por el sistema PG (Performance Grade), según la norma AASHTO M 320 "Standard Specification for Performance-Graded Asphalt Binder", tanto del asfalto original (antes de modificar) como del asfalto modificado, acompañada de los resultados de los ensayos que definen las clasificaciones.

Los documentos del proyecto pueden establecer un requisito para la clasificación PG del asfalto modificado. Si no lo establecen, la clasificación deberá ser, como mínimo, PG 64-22 para todos los asfaltos; es decir, que la temperatura máxima asociada a la clasificación PG no deberá ser inferior a 64° C y la temperatura mínima asociada a la clasificación PG no deberá ser inferior a -22° C. Así mismo, el rango de temperaturas de la clasificación PG (máxima menos mínima) del asfalto modificado deberá mostrar un incremento mínimo de 6° C con respecto al mismo rango en el asfalto original.

414.3 EQUIPO

En adición a las condiciones generales del Artículo 400, numeral 400.3, se deberá tener en cuenta lo siguiente:

414.3.1 Vehículos de transporte

Cuando no se fabrique en el lugar de empleo, el transporte del cemento asfáltico modificado con polímeros desde la planta de producción a la planta mezcladora, se deberá efectuar en caliente y a granel, en carrotaques con adecuados sistemas de calefacción y termómetros ubicados en sitios visibles. Deberán estar dotados, además, de los medios mecánicos que permitan el rápido trasvase de su contenido a los depósitos de almacenamiento. Así mismo, dispondrán de un elemento adecuado para la toma de muestras.

414.3.2 Depósitos de almacenamiento

El almacenamiento que requiera el cemento asfáltico modificado con polímeros antes de su aplicación, se realizará en tanques adecuados para tal fin, los cuales tendrán los aparatos de medida y seguridad necesarios

para garantizar su correcto funcionamiento, situados en puntos de fácil acceso. Así mismo, dispondrán de una válvula adecuada para la toma de muestras.

Cuando los tanques de almacenamiento no dispongan de medios de carga propios, los carrotanques empleados para el transporte del cemento asfáltico modificado con polímeros deberán estar dotados de medios neumáticos o mecánicos apropiados para el trasvase rápido de su contenido a los tanques. Cuando se empleen bombas de trasvase, se preferirán las de tipo rotativo a las centrífugas. El trasvase desde el carrotanque al tanque de almacenamiento se realizará siempre por tubería directa.

Todas las tuberías usadas para el trasvase del cemento asfáltico modificado con polímeros del carrotanque al tanque de almacenamiento y de éste al equipo de empleo, deberán estar dispuestas de manera que se puedan limpiar fácilmente después de cada aplicación y/o jornada de trabajo.

El tiempo máximo de almacenamiento y la necesidad o no de disponer de sistemas de homogeneización en los carrotanques y en los tanques de almacenamiento, se determinarán en cada caso particular, de acuerdo con las características del asfalto modificado.

414.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

414.4.1 Recibo del producto

A la llegada de cada carrotanque al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante del cemento asfáltico modificado con polímeros, con la siguiente información:

- Tipo de cemento asfáltico modificado, de acuerdo con la denominación descrita en el numeral 414.2.2;
- Fechas de elaboración y despacho;
- Resultados de ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, con la lista de verificación que muestre la conformidad con los requisitos establecidos en la Tabla 414 - 1.

- Clasificación de los asfaltos original y modificado por el sistema PG (Performance Grade), acompañada de los resultados de los ensayos que la definen, según lo establecido en el numeral 414.2.3, con antigüedad no mayor a un (1) mes.

No se aceptará el empleo de suministros de cemento asfáltico modificado con polímeros que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

La certificación no evitará la ejecución de ensayos de comprobación por parte del Interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega. De todas maneras, el Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de cemento asfáltico modificado con polímeros que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

Con la frecuencia que el Interventor considere pertinente, se deberán comprobar los sistemas de transporte y trasvase y las condiciones de almacenamiento, en todo cuanto pueda afectar la calidad del material; el Interventor podrá ordenar la suspensión de la utilización del contenido del tanque o carrotanque, mientras se realizan las comprobaciones que él estime convenientes de las características de calidad del cemento asfáltico modificado con polímeros.

Cuando la fabricación del asfalto modificado se lleve a cabo en una instalación anexa a la planta asfáltica, el Interventor definirá lotes de características homogéneas, de los que se tomarán muestras representativas, según el procedimiento descrito en la norma INV E-701, las cuales deberán satisfacer las condiciones establecidas en este Artículo.

El empleo del cemento asfáltico modificado en la elaboración de mezclas asfálticas se hará conforme lo establece el Artículo correspondiente a la partida de trabajo de la cual formará parte.

414.4.2 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

414.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DEL PRODUCTO

414.5.1 Controles generales

Se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar que en las operaciones de suministro del cemento asfáltico modificado con polímeros, el Constructor cumpla la legislación vigente en relación con la materia ambiental, de seguridad industrial, almacenamiento y transporte.
- Verificar el estado y funcionamiento de los equipos de transporte y almacenamiento del cemento asfáltico modificado con polímeros.
- Verificar que durante el vaciado de los carrotanques, no se lleven a cabo manipulaciones que puedan afectar la calidad del producto, generar incendios o poner en riesgo la integridad de la flora ni la seguridad de personas, bienes o animales.
- Cada vez el Interventor lo estime conveniente, tomar muestras para los ensayos que indica la Tabla 414 - 1 y efectuar las respectivas pruebas. Las muestras se deberán tomar de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma INV E-701.
- Verificar que no se produzca calentamiento excesivo del cemento asfáltico modificado con polímeros, antes de su mezcla con los agregados pétreos, que induzca la oxidación prematura del producto o degrade el polímero de manera tal, que impida que se ajuste a las exigencias del ítem en ejecución.

414.5.2 Controles específicos para el recibo y tolerancias

Al respecto, se adelantarán las siguientes actividades:

- Comprobar, mediante muestras representativas de cada entrega, la penetración, el punto de ablandamiento y la recuperación elástica por ductilidad del asfalto modificado con polímeros. En todos los casos, el Interventor guardará una muestra para eventuales ensayos ulteriores de contraste, cuando alguna de las partes manifieste inconformidad con los resultados iniciales. Si los resultados de las pruebas de contraste no son satisfactorios, se rechazará el producto y las partidas de trabajo que eventualmente se hubiesen fabricado con él.
- Realizar una vez por cada mes de ejecución de las obras y como mínimo tres (3) veces a intervalos convenientemente espaciados si la obra dura menos de tres (3) meses, todos los ensayos necesarios para verificar las características especificadas en la Tabla 414 - 1.

- Efectuar los ensayos necesarios para determinar la cantidad de cemento asfáltico modificado con polímeros incorporado en las mezclas que el Interventor haya aceptado a satisfacción.

En desarrollo de las dos primeras actividades citadas, no se admitirá tolerancia alguna en relación con los límites que se establecen en la Tabla 414 - 1 o en la especificación particular del proyecto. Por lo tanto, su incumplimiento implica el rechazo del producto.

En cuanto a la tercera, se aplicará la recomendación de la especificación correspondiente a la partida de trabajo que se esté controlando.

414.6 MEDIDA

El cemento asfáltico modificado con polímeros se medirá para pago en aquellas unidades de obra en que el Artículo correspondiente a la unidad de la que forme parte indique que su suministro se pagará por aparte. En este caso, la unidad de medida del cemento asfáltico modificado con polímeros será el kilogramo (kg), aproximado al kilogramo completo, incorporado en la mezcla asfáltica debidamente aceptada por el Interventor.

Para determinar la cantidad de asfalto por pagar, se calculará la masa de la mezcla aceptada en su posición final, mediante el producto del volumen aprobado por su densidad media en obra en cada lote y, posteriormente, aplicando a este valor el porcentaje de asfalto promedio que resulte de los ensayos de extracción sobre muestras representativas del volumen de mezcla aceptada.

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

414.7 FORMA DE PAGO

En aquellas unidades de obra en que el Artículo indique que el suministro de cemento asfáltico se pagará por aparte, el pago se hará al precio unitario del contrato por el cemento asfáltico modificado con polímeros, efectivamente incorporado en la mezcla asfáltica, en su posición final, debidamente aceptada por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de suministro en obra del cemento asfáltico modificado con polímeros, manejo, almacenamiento, calentamiento y transportes entre la planta de producción del asfalto y el sitio de colocación final. Además, deberá cubrir los costos por concepto de patentes, desperdicios y, en general, todo costo necesario para el correcto cumplimiento de esta especificación.

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

414.8 ÍTEM DE PAGO

414.1	Cemento asfáltico modificado con polímeros tipo I	Kilogramo (kg)
414.2	Cemento asfáltico modificado con polímeros tipo IIa	Kilogramo (kg)
414.3	Cemento asfáltico modificado con polímeros tipo IIb	Kilogramo (kg)
414.4	Cemento asfáltico modificado con polímeros tipo III	Kilogramo (kg)
414.5	Cemento asfáltico modificado con polímeros tipo IV	Kilogramo (kg)
414.6	Cemento asfáltico modificado con polímeros tipo V	Kilogramo (kg)

SUMINISTRO DE EMULSIÓN ASFÁLTICA MODIFICADA CON POLÍMEROS

ARTÍCULO 415 – 13

415.1 DESCRIPCIÓN

Esta especificación se refiere al suministro de una emulsión asfáltica modificada con polímeros, de tipo catiónico y características de rotura apropiadas, en el sitio de ejecución de riegos de liga, tratamientos superficiales, sellos de arena-asfalto, lechadas asfálticas e instalación de geotextiles y geomallas para repavimentación, construidos de acuerdo con lo establecido en la especificación correspondiente al ítem en ejecución y conforme a las exigencias de la presente especificación.

415.2 MATERIALES

415.2.1 Definición

Las emulsiones asfálticas modificadas con polímeros son dispersiones de pequeñas partículas de un ligante hidrocarbonado y de un polímero en una solución de agua y un agente emulsificante de carácter catiónico, lo que determina la denominación de la emulsión. Las emulsiones asfálticas se fabricarán a base de cemento asfáltico modificado con polímeros de los definidos en el Artículo 414 de las presentes especificaciones o a base de un cemento asfáltico de los definidos en el Artículo 410 más un polímero; agua; emulsificantes y, en su caso, fluidificantes. Deberán presentar un aspecto homogéneo y una adecuada dispersión del cemento asfáltico en la fase acuosa.

415.2.2 Designación

A efectos de la aplicación de este Artículo y de las presentes Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras, la denominación del tipo de emulsión asfáltica se compondrá de la letra C, representativa del emulsificante catiónico utilizado en su fabricación, seguida de las letras RR, RM o RL según su tipo de rotura (rápida, media o lenta). A continuación de las letras anteriores habrá un guión y el número 1 o 2, indicativo del contenido de ligante residual en la emulsión. La letra h, que acompaña la denominación de una de las emulsiones de rotura lenta, indica que se trata de una emulsión de alta estabilidad. La condición

de modificada se indica con la letra “m” al final de la sigla denominativa de la emulsión.

Las emulsiones asfálticas modificadas con polímeros deberán cumplir con los requisitos de calidad establecidos en la Tabla 415 - 1.

415.3 EQUIPO

415.3.1 Vehículos de transporte

El transporte de la emulsión asfáltica modificada con polímeros desde la planta de fabricación hasta el sitio de colocación, se realizará a granel, en carrotaques que no requieren aislamientos térmicos ni calefacción. Estarán dotados de los medios mecánicos que permitan el rápido traslado de su contenido a los depósitos de almacenamiento. Así mismo, dispondrán de un elemento adecuado para la toma de muestras.

415.3.2 Depósitos de almacenamiento

El almacenamiento que requiera la emulsión asfáltica modificada con polímeros antes de su uso, se realizará en tanques cilíndricos verticales, con tuberías de fondo para carga y descarga, las cuales se deberán encontrar en posiciones diametralmente opuestas. Los tanques tendrán bocas de ventilación para evitar que trabajen a presión y contarán con los aparatos de medida y seguridad necesarios para garantizar su correcto funcionamiento, situados en puntos de fácil acceso. Así mismo, dispondrán de una válvula adecuada para la toma de muestras.

Deberán, además, estar provistos de elementos que permitan la recirculación de la emulsión, cuando ésta se deba almacenar por tiempo prolongado.

Cuando los tanques de almacenamiento no dispongan de medios de carga propios, los carrotaques empleados para el transporte de la emulsión asfáltica modificada con polímeros deberán estar dotados de medios neumáticos o mecánicos apropiados para el trasvase rápido de su contenido a los tanques. Cuando se empleen bombas de trasvase, se preferirán las de tipo rotativo a las centrífugas. El trasvase desde el carrotaque al tanque de almacenamiento se realizará siempre por tubería directa.

Tabla 415 - 1. Especificaciones de emulsiones asfálticas catiónicas modificadas con polímeros

ENSAYOS SOBRE LA EMULSIÓN	UNIDAD	Norma de ensayo INV	ROTURA RÁPIDA				ROTURA MEDIA		ROTURA LENTA	
			CRR – 1m		CRR – 2m		CRM-m		CRL – 1hm	
			Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
Viscosidad: Saybolt Furol a 25° C	s	E-763	-	-	-	-	-	-	-	100
Saybolt Furol a 50° C	s		20	100	20	300	20	450	-	-
Contenido de agua en volumen	%	E-761	-	40	-	35	-	35	-	43
Estabilidad durante almacenamiento (24 horas), Sedimentación a los 5 días,	%	E-764	-	1	-	1	-	1	-	1
Destilación: Contenido de asfalto residual	%	E-762	60	-	65	-	60	-	57	-
Contenido de disolventes	%		-	3	-	3	-	12	-	0
Tamizado Retenido tamiz No 20 (850 μm)	%	E-765	-	0.1	-	0.1	-	0.1	-	0.1
Rotura Dioctilsulfosuccinato sódico	%	E-766	40	-	40	-	-	-	-	-
Mezcla con cemento	%	E-770	-	-	-	-	-	-	-	2
Carga de partícula		E-767	Positiva		Positiva		Positiva		Positiva	
pH		E-768	-	6	-	6	-	6	-	6
Recubrimiento del agregado y resistencia al desplazamiento Con agregado seco		E-769	-	-	Buena		-	-	-	-
Con agregado seco y acción del agua			-	-	Satisfactoria		-	-	-	-
Con agregado húmedo			-	-	Satisfactoria		-	-	-	-
Con agregado húmedo y acción del agua			-	-	Satisfactoria		-	-	-	-
Ensayos sobre el residuo de destilación		E-771								
Penetración (25° C ,100 gr, 5 s)	0.1 mm	E-706	60	100	60	100	100	250	60	100
			100	250	100	250				
Punto de ablandamiento con aparato de anillo y bola	° C	E-712	55	-	55	-	40	-	55	-
			45	-	45	-			45	-
Ductilidad (25° C , 5cm/min)	cm	E-702	10	-	10	-	10	-	10	-
Recuperación elástica por torsión 25° C.	%	E-727	12	-	12	-	12	-	12	-

Todas las tuberías usadas para el trasvase de la emulsión asfáltica modificada con polímeros, del carrotanque al tanque de almacenamiento y de éste al equipo de empleo, deberán estar dispuestas de manera que se puedan limpiar fácilmente después de cada aplicación y/o jornada de trabajo.

415.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

415.4.1 Recibo del producto

A la llegada de cada carrotanque al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante de la emulsión modificada, con la siguiente información:

- Tipo de emulsión asfáltica y velocidad de rotura.
- Fechas de elaboración y despacho.
- Resultados de ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, con la lista de verificación que muestre la conformidad con los requisitos establecidos en la Tabla 415 - 1.

No se aceptará el empleo de suministros de emulsión asfáltica modificada que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. La certificación no evitará la ejecución de ensayos de comprobación por parte del Interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega. De todas maneras, el Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de emulsión asfáltica modificada que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

Con la frecuencia que el Interventor considere pertinente, se deberán comprobar los sistemas de transporte y trasvase y las condiciones de almacenamiento, en todo cuanto pueda afectar la calidad del material; el Interventor podrá ordenar la suspensión de la utilización del contenido del tanque o carrotanque, mientras realiza las comprobaciones que estime convenientes de las características de calidad de la emulsión asfáltica modificada con polímeros.

El empleo de la emulsión asfáltica modificada con polímeros en la elaboración de riegos de liga, tratamientos superficiales, lechadas asfálticas y mezclas abiertas en frío, se hará conforme se establece en la

especificación correspondiente a la partida de trabajo de la cual formará parte.

415.4.2 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

415.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DEL PRODUCTO

415.5.1 Controles generales

Se adelantará los siguientes controles principales:

- Verificar que en las operaciones de suministro de la emulsión asfáltica modificada con polímeros, el Constructor cumpla la legislación vigente en relación con las materias ambiental, de seguridad industrial, almacenamiento y transporte.
- Verificar el estado y funcionamiento de los equipos de transporte y de almacenamiento de la emulsión asfáltica modificada con polímeros.
- Verificar que durante el vaciado de los carrotanques, no se lleven a cabo manipulaciones que puedan afectar la calidad del producto, generar incendios o poner en riesgo la integridad de la flora ni la seguridad de personas, bienes o animales.
- Tomar muestras para los ensayos que indica la Tabla 415 - 1 y efectuar las respectivas pruebas, cada vez que el Interventor lo estime conveniente. Las muestras se deberán tomar de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma INV E-701.

415.5.2 Controles específicos para el recibo y tolerancias

Al respecto, se adelantarán las siguientes verificaciones:

- Comprobar, mediante muestras representativas de cada entrega, el tipo de emulsión, su contenido de asfalto residual y sobre el residuo de evaporación se hará la determinación de su penetración, punto de ablandamiento y recuperación elástica por torsión. En todos

los casos, el Interventor guardará una muestra para eventuales ensayos ulteriores de contraste, cuando alguna de las partes manifieste inconformidad con los resultados iniciales. Si los resultados de las pruebas de contraste no son satisfactorios, se rechazará el producto y las partidas de trabajo que eventualmente se hubiesen fabricado con él.

- Comprobar una vez por cada mes de ejecución de las obras y como mínimo tres (3) veces a intervalos convenientemente espaciados si la obra dura menos de tres (3) meses, todos los ensayos necesarios para verificar las características especificadas en la Tabla 415 - 1.
- Efectuar los ensayos necesarios para determinar la cantidad de emulsión asfáltica modificada con polímeros incorporada en riegos de liga, tratamientos superficiales, lechadas asfálticas y mezclas abiertas en frío.

En desarrollo de las dos primeras actividades, no se admitirá ninguna tolerancia en relación con los límites que se establecen en la Tabla 415 - 1 o en la especificación particular del proyecto y en cuanto a la tercera, se aplicará lo que recomiende la especificación correspondiente a la partida de trabajo que se esté controlando.

Si la emulsión ha estado almacenada durante un plazo superior a quince (15) días antes de su empleo, se deberán realizar determinaciones del contenido de asfalto residual y tamizado sobre muestras representativas de las partes superior e inferior de la emulsión almacenada. En caso de que no se cumpla lo establecido para estas características en la Tabla 415 - 1, se procederá a su homogeneización y realización de nuevos ensayos y si los resultados de estos últimos no resultan satisfactorios, la emulsión será rechazada.

415.6 MEDIDA

La unidad de medida de la emulsión asfáltica modificada con polímeros será el litro (l), aproximado al litro completo, de emulsión incorporada en las mezclas ejecutadas a satisfacción del Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida para cada uno de los ítems, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

Debido a que al aplicar la emulsión en obra pierde el agua que contiene, la determinación de la cantidad de emulsión realmente utilizada se hará a partir del peso de la mezcla aceptada en su posición final, el cual se obtendrá multiplicando el volumen aprobado por la densidad media obtenida en obra en cada lote. Al peso así determinado, se le aplicará el porcentaje promedio de asfalto que resulte de los ensayos de extracción sobre muestras representativas de la mezcla aceptada.

Como este valor corresponde únicamente a asfalto residual, su conversión a emulsión asfáltica modificada con polímeros se realizará de acuerdo con la concentración de ésta. Por último, la conversión de peso de emulsión a volumen se realizará considerando una densidad de un kilogramo por litro (1 kg/l). Para efectos de pago, se considerará siempre una emulsión asfáltica con una concentración de sesenta por ciento (60 %); por lo tanto, si la emulsión suministrada y utilizada tiene una concentración diferente, se hará la conversión correspondiente mediante la expresión.

$$\text{Volumen para pago} = \text{Volumen aplicado} \times \frac{C}{60\%} \quad [415.1]$$

Siendo: C la concentración de la emulsión empleada, en porcentaje.

No habrá medida, para efectos de pago separado, de la emulsión asfáltica modificada con polímeros utilizada en riegos de liga, tratamientos superficiales simples o dobles, lechadas asfálticas e instalación de geotextiles y geomallas para repavimentación

415.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al precio unitario del contrato, por la emulsión asfáltica modificada con polímeros, efectivamente incorporada en las mezclas en su posición final, recibidas a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de suministro de la emulsión modificada con polímeros en obra, manejo, almacenamiento y transportes entre la planta de fabricación de la emulsión y el sitio de colocación final. Además, deberá cubrir los costos por concepto de patentes, desperdicios, y, en general, todo costo necesario para el correcto cumplimiento de esta especificación.

Deberá cubrir, también, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

No habrá ningún pago separado por concepto de la emulsión asfáltica modificada con polímeros incorporada en riegos de liga, tratamientos superficiales simples, tratamientos superficiales dobles, lechadas asfálticas e instalación de geotextiles y geomallas para repavimentación. En consecuencia, todos los costos relacionados con su suministro y correcta aplicación en estas partidas de trabajo, se deberán incluir en el precio unitario del ítem del cual formará parte, según se establece en los Artículos 421, 430, 431, 433, 464 y 467, respectivamente.

415.8 ÍTEM DE PAGO

- | | | |
|-------|---|-----------|
| 415.1 | Emulsión asfáltica de rotura media, modificada con polímeros, CRM-m | Litro (l) |
|-------|---|-----------|

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

SUMINISTRO DE ASFALTO LÍQUIDO PARA RIEGOS DE IMPRIMACIÓN

ARTÍCULO 416 – 13

416.1 DESCRIPCIÓN

Esta especificación se refiere al suministro en el sitio, del asfalto líquido a utilizar en la elaboración de riegos de imprimación, de acuerdo con lo establecido en el Artículo 420, “Imprimación”.

416.2 MATERIALES

416.2.1 Definición

El asfalto líquido es un ligante hidrocarbonado resultante de incorporar a un cemento asfáltico, de los definidos en el Artículo 410 de las presentes especificaciones, fracciones líquidas, más o menos volátiles, procedentes de la destilación del petróleo.

416.2.2 Designación y especificaciones

La designación del asfalto líquido para riegos de imprimación será con las letras MC, indicativas de curado medio, seguidas por un número 30 que identifica la viscosidad mínima del producto a 60° C, medida en centiStokes.

Sus características de calidad serán las indicadas en la Tabla 416 - 1.

416.3 EQUIPO

En adición a lo que resulte pertinente del numeral 400.3 del Artículo 400, aplica lo siguiente:

416.3.1 Vehículos de transporte

El transporte del asfalto líquido para riegos de imprimación desde la planta de fabricación hasta el sitio de colocación, se realizará a granel, en carrotanques que no requieran aislamientos térmicos ni calefacción. Estarán dotados de los medios mecánicos que permitan el rápido traslado

de su contenido a los depósitos de almacenamiento. Así mismo, dispondrán de un elemento adecuado para la toma de muestras.

Tabla 416 - 1. Especificaciones del asfalto líquido para riegos de imprimación

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	NORMA DE ENSAYO INV	MC 30	
			MÍN	MÁX
Punto de inflamación (Copa abierta de Tag.)	° C	E-710	38	-
Viscosidad cinemática (60° C)	cSt	E-715	30	60
Viscosidad Saybolt Furol (25° C)	s	E-714	75	150
Destilación: Destilado (% sobre volumen total destilado hasta 360° C) :				
A 225° C	%	E-723	-	25
A 260° C	%		40	70
A 316° C	%		75	93
Residuo de destilación a 360° C (% en volumen por diferencia)	%	E-723	50	60
Ensayos sobre el residuo de la destilación				
Penetración (25° C, 100 g, 5 s)	0.1 mm	E-706	120	300
Ductilidad (25° C, 5 cm/minuto)	cm	E-702	100	-
Solubilidad en tricloroetileno	%	E-713	99.5	100

416.3.2 Depósitos de almacenamiento

El almacenamiento que requiera antes de su aplicación el asfalto líquido para los riegos de imprimación, se realizará en tanques adecuados para tal fin, los cuales tendrán bocas de ventilación para evitar que trabajen a presión y contarán con los aparatos de medida y seguridad necesarios para garantizar su correcto funcionamiento, situados en puntos de fácil acceso. Así mismo, dispondrán de una válvula adecuada para la toma de muestras.

Cuando los tanques de almacenamiento no dispongan de medios de carga propios, los carrotanques empleados para el transporte del asfalto líquido deberán estar dotados de medios neumáticos o mecánicos apropiados para el trasvase rápido de su contenido a los tanques. Cuando se empleen bombas de trasvase, se preferirán las de tipo rotativo a las centrífugas. El trasvase desde el carrotanque al tanque de almacenamiento se realizará siempre por tubería directa.

Todas las tuberías usadas para el trasvase del asfalto líquido para imprimación, del carrotanque al tanque de almacenamiento y de éste al

equipo de empleo, deberán estar dispuestas de manera que se puedan limpiar fácilmente después de cada aplicación y/o jornada de trabajo.

416.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

416.4.1 Recibo del producto

A la llegada de cada carrotanque al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante del asfalto líquido, con la siguiente información:

- Tipo de asfalto líquido, tipo de solvente y velocidad de curado;
- Fechas de elaboración y despacho;
- Resultados de ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, con la lista de verificación que muestre la conformidad con los requisitos establecidos en la Tabla 416 - 1.

No se aceptará el empleo de suministros de asfalto líquido que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

La certificación no implica necesariamente la aceptación del producto, ni evitará que el Interventor pueda ordenar la verificación de su calidad mediante los ensayos indicados en la Tabla 416 - 1, conforme se indica en el numeral 416.5.2.

Con la frecuencia que el Interventor considere pertinente, se deberán comprobar los sistemas de transporte y trasvase y las condiciones de almacenamiento, en todo cuanto pueda afectar la calidad del material; el Interventor podrá ordenar la suspensión de la utilización del contenido del tanque o carrotanque, mientras se realizan las comprobaciones que estime convenientes de las características de calidad del asfalto líquido.

El asfalto líquido para riegos de imprimación solamente podrá ser empleado en la ejecución de la partida de trabajo a la cual se refiere el Artículo 420 de las presentes especificaciones.

416.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DEL PRODUCTO

416.5.1 Controles generales

Se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el cumplimiento de la legislación vigente en relación con las materias ambiental, de seguridad industrial, almacenamiento y transporte;
- Verificar el estado y funcionamiento de los equipos de transporte y almacenamiento del asfalto líquido para riegos de imprimación;
- Verificar que durante el vaciado de los carrotanques, no se lleven a cabo manipulaciones que puedan afectar la calidad del producto, generar incendios o poner en riesgo la integridad de la flora ni la seguridad de personas, bienes o animales.
- Cada vez el Interventor lo estime conveniente, tomar muestras para los ensayos que indica la Tabla 416 - 1 y efectuar las respectivas pruebas. Las muestras se deberán tomar de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma INV E-701.

416.5.2 Controles específicos para el recibo y tolerancias

Se adelantarán los siguientes controles principales:

- En el momento del trasvase del asfalto líquido de cada carrotanque al tanque de almacenamiento, se deberán tomar dos (2) muestras representativas, de al menos un (1) litro cada una, de acuerdo con el procedimiento descrito en la norma INV E-701 y sobre una de ellas se realizarán ensayos de viscosidad Saybolt Furol (norma INV E-714), destilación (norma INV E-723) y penetración sobre el residuo de destilación (INV E-706), conservando la otra muestra para eventuales ensayos ulteriores de contraste, en caso de que alguna de las partes manifieste inconformidad con los resultados iniciales. Si los resultados de las pruebas de contraste no son satisfactorios, se rechazará el producto y los riegos que eventualmente se hubiesen fabricado con él.
- Realizar una vez por cada mes de ejecución de las obras y como mínimo tres (3) veces a intervalos convenientemente espaciados si la

obra dura menos de tres (3) meses, todos los ensayos necesarios para verificar las características especificadas en la Tabla 416 - 1.

El Interventor no admitirá ninguna tolerancia en relación con los resultados de estas pruebas. Por lo tanto, su incumplimiento implica el rechazo del producto.

416.6 MEDIDA

No habrá lugar a medida, para efectos de pago separado, del asfalto líquido destinado a la ejecución de riegos de imprimación.

416.7 PAGO

No habrá pago separado por el asfalto líquido para la ejecución de riegos de imprimación. Por lo tanto, todos los costos que impliquen el suministro en el sitio, patentes, manejo, almacenamiento, desperdicios, cargues, descargues, aplicación en la obra y cualquier otro costo requerido para la correcta ejecución de la imprimación, deberán estar incluidos dentro del precio unitario del ítem correspondiente, en el Artículo 420, "Imprimación", de las presentes especificaciones.

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

RIEGO DE IMPRIMACIÓN

ARTÍCULO 420 – 13

420.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, eventual calentamiento y aplicación uniforme de una emulsión asfáltica o un asfalto líquido sobre una superficie granular terminada, previamente a la extensión de una capa asfáltica o un tratamiento bituminoso. El riego también se podrá aplicar a bermas construidas en material granular y a sus taludes. El trabajo incluye también, eventualmente, el suministro y la aplicación de un agregado fino para la protección de la superficie imprimada.

El trabajo incluye también el suministro y la aplicación de un agregado fino sobre la imprimación para absorber eventuales excesos del material de imprimación o para la protección de la superficie imprimada, cuando se requiera.

420.2 MATERIALES

420.2.1 Material bituminoso

Los documentos del proyecto indicarán cuál de los materiales bituminosos indicados en la Tabla 420 - 1 deberá ser utilizado para el riego de imprimación.

Tabla 420 - 1. Materiales bituminosos para el riego de imprimación

TIPO DE MATERIAL	DENOMINACIÓN	REQUISITOS
Emulsión asfáltica	Emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta tipo CRL-0	Artículo 411
	Emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta tipo CRL-1	
Asfalto líquido	Asfalto líquido MC-30	Artículo 416

Cuando se emplee emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta tipo CRL-1, ésta se deberá diluir en agua hasta que tenga una concentración aproximada de cuarenta por ciento (40 %).

420.2.2 Agregado de protección

El agregado de protección de la superficie imprimada será arena natural, arena de trituración o una mezcla de ambas, la cual estará exenta de polvo, terrones de arcilla u otros materiales objetables. Sus características deberán ser las mismas que se exigen a los agregados para el sello de arena asfalto, según el Artículo 432.

420.3 EQUIPO

Además de lo que se indica a continuación, rige lo descrito en el numeral 400.3 del Artículo 400.

Para los trabajos de imprimación se requieren elementos mecánicos de limpieza, carrotanques irrigadores de asfalto y, eventualmente, distribuidores mecánicos de agregados.

420.3.1 Equipo de limpieza

El equipo para la limpieza previa de la superficie donde se aplicará el riego de imprimación, estará constituido por una barredora mecánica de tipo rotatorio y/o una sopladora mecánica, autopropulsadas o arrastradas por tractor, equipos que se utilizarán siempre que las autoridades ambientales autoricen su empleo. Como equipo adicional, se podrán utilizar compresores y escobas, y demás implementos que el Interventor autorice y que cumplan las disposiciones ambientales vigentes.

420.3.2 Equipo de irrigación

El carrotanque irrigador deberá aplicar el producto asfáltico para imprimación de manera uniforme y constante, a la temperatura apropiada, sin que lo afecten la carga, la pendiente de la vía o la dirección del vehículo. Sus dispositivos de irrigación deberán proporcionar una distribución transversal adecuada del ligante. El vehículo deberá estar provisto de un velocímetro calibrado en metros por segundo (m/s), o pies por segundo (pie/s), visible al conductor, para mantener la velocidad constante y necesaria que permita la aplicación uniforme del asfalto en sentido longitudinal.

El carrotanque deberá aplicar el producto asfáltico a presión y para ello deberá disponer de una bomba de impulsión, accionada por motor y provista de un indicador de presión. También, deberá estar provisto de un termómetro para el ligante, cuyo elemento sensible no se podrá encontrar cerca de un elemento calentador.

Para áreas inaccesibles al equipo irrigador y para retoques y aplicaciones mínimas, se usará una caldera regadora portátil, con sus elementos de irrigación a presión, o una extensión del carrotanque con una boquilla de expansión que permita un riego uniforme. Por ningún motivo se permitirá el empleo de regaderas u otros dispositivos de aplicación manual por gravedad.

420.3.3 Equipo de distribución de agregado

Para la aplicación del agregado de protección se emplearán distribuidores mecánicos, acoplados a un camión o autopropulsados, que permitan la aplicación homogénea de la arena. Previa autorización del Interventor, el agregado se podrá aplicar manualmente en sitios puntuales o de difícil acceso para el equipo de distribución mecánica.

420.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

420.4.1 Preparación de la superficie existente

Antes de autorizar los trabajos de imprimación, se comprobará que la superficie sobre la cual se va a efectuar la aplicación cumpla con todos los requisitos especificados en cuanto a conformación, compactación y acabado de la capa granular a la cual corresponda.

Si la superficie presenta fallas o imperfecciones, el Constructor procederá a corregirlas a entera satisfacción del Interventor.

En el momento de la aplicación, la capa granular sobre la cual se va a aplicar la emulsión no debe tener exceso de humedad; la humedad debe ser cercana a la óptima de compactación, e idealmente debe estar dos (2) puntos de porcentaje por debajo de la misma.

La superficie que ha de recibir el riego de imprimación se limpiará cuidadosamente de polvo, barro seco, suciedad y cualquier material suelto que pueda ser perjudicial, utilizando el equipo de limpieza

aprobado. En lugares inaccesibles a los equipos mecánicos, se permitirá el uso de escobas manuales.

La limpieza debe dejar a la vista las partículas gruesas sin soltarlas ni aflojarlas.

420.4.2 Determinación de la dosificación del ligante

La dosificación del ligante depende del tipo de producto bituminoso, del sistema de aplicación y de las características superficiales de la capa granular por imprimir.

El Constructor establecerá la dosificación definitiva del ligante con base en los resultados de las aplicaciones iniciales y será, salvo instrucción en contrario, aquella que sea capaz de absorber la capa que se imprima, en un lapso de veinticuatro (24) horas, logrando una penetración no inferior a 5 mm. Esta dosificación deberá contar con la aprobación del Interventor.

Como guía, las cantidades de producto bituminoso por aplicar pueden estar entre los siguientes valores, para una concentración del 60 %:

- Aplicación por riego de emulsión o asfalto líquido: 0.85 a 2.25 l/m²;
- La cantidad de ligante residual no será inferior a quinientos gramos por metro cuadrado (500 g/m²).

420.4.3 Aplicación del ligante bituminoso

La superficie deberá ser humedecida mediante un rociado ligero previamente al riego de imprimación. Este humedecimiento no debe ser excesivo; los vacíos entre partículas no deben quedar llenos de agua.

La aplicación del ligante se hará de manera suave y uniforme. Se evitarán los traslajos en las juntas transversales que generan una dosificación excesiva de imprimante, para lo cual se colocarán tiras de papel u otro material adecuado en las zonas de iniciación o terminación del trabajo, de manera que el riego comience y termine sobre éstas.

La temperatura de aplicación deberá ser tal, que la viscosidad del producto asfáltico se encuentre entre cinco y veinte segundos Saybolt-Furol (5 sSF a 20 sSF).

Antes de iniciar cada jornada de trabajo, se deberá verificar la uniformidad del riego. Si fuere necesario, se calentarán las boquillas de irrigación antes de cada descarga. La bomba y la barra de distribución se deberán limpiar al término de la jornada.

En las zonas donde se presenten insuficiencias o excesos de material bituminoso, el Constructor corregirá la anormalidad mediante la adición de ligante o agregado de protección, respectivamente, a satisfacción del Interventor y sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

En los casos en que, por las condiciones de la obra, se deba efectuar el riego por franjas, deberá existir una pequeña superposición del mismo a lo largo de la junta longitudinal.

No se permitirá transitar sobre la superficie imprimada ni la colocación de capas de rodadura, base asfáltica o tratamientos, hasta que lo autorice el Interventor.

Elementos tales como sardineles, árboles, vallas y similares, susceptibles de ser manchados por el ligante, deberán ser protegidos adecuadamente por parte del Constructor, antes de aplicar el riego.

420.4.4 Determinación de la dosificación del agregado de protección

La dosificación del agregado de protección será la mínima necesaria para absorber los excesos de ligante o para garantizar la protección de la imprimación, cuando la capa imprimada deba soportar la acción del tránsito automotor. En ningún caso, la cantidad de agregado excederá de seis litros por metro cuadrado (6 l/m²).

La dosificación definitiva del agregado de protección se establecerá como resultado de la aplicación de las pruebas iniciales realizadas en la obra.

420.4.5 Extensión del agregado de protección

La extensión eventual del agregado de protección se realizará por instrucción del Interventor, cuando sea necesario permitir la circulación del tránsito automotor sobre la imprimación o donde se advierta que parte de ella no ha sido absorbida veinticuatro horas (24 h) después de aplicado el ligante.

El agregado se extenderá con el equipo aprobado y su humedad, en el momento de la aplicación, no podrá exceder de cuatro por ciento (4 %).

Se deberá evitar el contacto de las ruedas del distribuidor del agregado con la imprimación sin cubrir. En caso de extender el agregado sobre una franja imprimada sin que lo hubiera sido la adyacente, se dejará sin cubrir una zona de aquella de unos quince a veinte centímetros (15-20 cm), junto a la zona que se encuentra sin imprimir.

420.4.6 Control del tránsito

Se prohibirá todo tipo de tránsito sobre la superficie imprimada mientras no haya sido absorbido todo el ligante o, en caso de que se haya extendido el agregado de protección, dentro de las cuatro horas (4 h) siguientes a la aplicación de éste. Una vez permitida la circulación, la velocidad de los vehículos no deberá exceder de treinta kilómetros por hora (30 km/h).

420.4.7 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la aplicación de riegos de imprimación cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a cinco grados Celsius (5° C) o haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra.

La aplicación del riego de imprimación deberá estar coordinada con la puesta en obra de la capa superpuesta a él, de manera que el ligante no haya perdido su efectividad como elemento de unión. Cuando el Interventor lo estime necesario, se aplicará otro riego de imprimación, sin costo adicional para el INVÍAS, si la pérdida de efectividad de la imprimación anterior es imputable al Constructor.

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

420.4.8 Reparaciones

Todo daño de la superficie imprimada atribuible a descuido, falta de previsión o negligencia del Constructor, deberá ser reparado por éste, sin

costo adicional para el Instituto Nacional de Vías y a entera satisfacción del Interventor.

420.4.9 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

420.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

420.5.1 Controles

Rige todo lo que resulte aplicable del numeral 400.5.1 del Artículo 400.

420.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

420.5.2.1 Calidad del producto asfáltico

A la llegada de cada carrotanque al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante de la emulsión asfáltica o del asfalto líquido, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, así como los resultados de ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer todas las condiciones establecidas en los Artículos 411 o 416, dependiendo de si el producto asfáltico es una emulsión o un asfalto líquido.

El Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de emulsión asfáltica o asfalto líquido que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

Dicha constancia no reemplazará, en ningún caso, a la ejecución de ensayos de comprobación, ni implica necesariamente la aceptación final de la entrega.

Sobre muestras representativas de las diversas entregas, se efectuarán las verificaciones exigidas en el numeral 411.5.2 del Artículo 411, si se trata de una emulsión asfáltica o en el numeral 416.5.2 del Artículo 416, si es un asfalto líquido. En todos los casos, el Interventor guardará una muestra para

ensayos posteriores de contraste, por si se presentan dudas o desacuerdos entre las partes sobre los resultados iniciales.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en la Tabla 411 - 1 del Artículo 411, o en la Tabla 416 - 1 del Artículo 416, según se trate de una emulsión asfáltica o un asfalto líquido, respectivamente.

420.5.2.2 Calidad del agregado de protección

Rige lo indicado en el numeral 432.5.2.2 del Artículo 432

420.5.2.3 Dosificación

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

- Quinientos metros lineales (500 m) de calzada imprimada;
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de calzada imprimada;
- La superficie imprimada en un día de trabajo.

La dosificación del asfalto se podrá comprobar verificando el volumen del producto dentro del carrotanque distribuidor antes y después de su aplicación, mediante la norma de ensayo INV E-818; también se podrá comprobar mediante el pesaje de bandejas metálicas u hojas de papel resistente, colocadas durante la aplicación del ligante en no menos de cinco (5) puntos del área considerada como lote, ubicados al azar según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

La dosificación del agregado de protección, cuando su utilización sea ordenada por el Interventor, se comprobará mediante el pesaje de bandejas metálicas, según la norma de ensayo INV E-819, en no menos de cinco (5) puntos del área considerada como lote, ubicados al azar según la norma de

ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

Las tasas medias de aplicación de ligante residual (TML) y de agregados (TMA) por lote, no podrán variar en más de quince por ciento (15 %) de las autorizadas por el Interventor (TEL y TEA).

$0.85 \text{ TEL} \leq \text{TML} \leq 1.15 \text{ TEL}$

[420.1]

$0.85 \text{ TEA} \leq \text{TMA} \leq 1.15 \text{ TEA}$

[420.2]

El Interventor se abstendrá de aceptar lotes imprimados donde la dosificación media de ligante o agregados esté por fuera del rango especificado. Tampoco se aceptará un lote donde más de un punto de ensayo presente un resultado por fuera del límite citado.

El Interventor determinará las medidas por adoptar cuando se presenten estos incumplimientos. El Constructor deberá ejecutar medidas correctivas sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

420.6 MEDIDA

Rige lo pertinente del numeral 400.6 del Artículo 400, y en particular lo indicado en el numeral 400.6.1.

420.7 FORMA DE PAGO

Rige lo pertinente del numeral 400.7 del Artículo 400, y en particular lo indicado en el numeral 400.7.2.

No habrá pago separado por el suministro y extensión del agregado de protección.

420.8 ÍTEM DE PAGO

420.1	Riego de imprimación con emulsión asfáltica CRL-0	Metro cuadrado (m ²)
420.2	Riego de imprimación con emulsión asfáltica CRL-1	Metro cuadrado (m ²)
420.3	Riego de imprimación con asfalto líquido	Metro cuadrado (m ²)

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

RIEGO DE LIGA

ARTÍCULO 421 – 13

421.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, eventual calentamiento y aplicación uniforme de un ligante asfáltico sobre losas de concreto o sobre una capa bituminosa, previamente a la extensión de otra capa bituminosa, que no sea un tratamiento superficial, un sello de arena-asfalto o una lechada asfáltica.

421.2 MATERIALES

421.2.1 Material bituminoso

Los documentos del proyecto indicarán cuál de los materiales bituminosos indicados en la Tabla 421 - 1 deberá ser utilizado para el riego de liga.

Tabla 421 - 1. Materiales bituminosos para riego de liga

TIPO DE MATERIAL	DENOMINACIÓN	REQUISITOS
Emulsión asfáltica	CRR-1 o CRR-2	Artículo 411
Emulsión asfáltica modificada con polímeros	CRR-1m o CRR-2m	Artículo 415

421.3 EQUIPO

Además de lo que se indica a continuación, rige todo lo descrito en el numeral 400.3 del Artículo 400.

Para los trabajos de riego de liga se requieren elementos mecánicos de limpieza, carrotanques irrigadores de asfalto y, eventualmente, sistemas de aplicación del riego, incorporados a los de extensión de las mezclas asfálticas.

El equipo para la limpieza previa de la superficie donde se aplicará el riego de liga, estará constituido por una barredora mecánica de tipo rotatorio y/o una sopladora mecánica, autopropulsadas o arrastradas por tractor, equipos que se utilizarán

siempre que las autoridades ambientales autoricen su empleo. Como equipo adicional, se podrán utilizar compresores, escobas, y demás implementos que el Interventor autorice, y que cumplan las disposiciones ambientales vigentes.

El carrotanque irrigador deberá cumplir exigencias mínimas que garanticen la aplicación uniforme y constante del producto asfáltico, a la temperatura apropiada, sin que lo afecten la carga, la pendiente de la vía o la dirección del vehículo. Sus dispositivos de irrigación deberán proporcionar una distribución transversal adecuada del ligante. El vehículo deberá estar provisto de un velocímetro calibrado en metros por segundo (m/s), o pies por segundo (pie/s), visible al conductor, para mantener la velocidad constante y necesaria que permita la aplicación uniforme del asfalto en sentido longitudinal.

El carrotanque deberá aplicar el producto asfáltico a presión y para ello deberá disponer de una bomba de impulsión, accionada por motor y provista de un indicador de presión. También, deberá estar provisto de un termómetro para el ligante, cuyo elemento sensible no se podrá encontrar cerca de un elemento calentador.

Cuando el riego de liga se aplique previamente a la extensión de una mezcla asfáltica discontinua en caliente o una mezcla drenante, es deseable que el sistema de aplicación del riego se encuentre incorporado al de extensión de la mezcla asfáltica, de tal manera que se garantice una dosificación continua y uniforme de ambos.

En algunas aplicaciones que autorice el Interventor y para áreas inaccesibles al equipo irrigador y para retoques y aplicaciones mínimas, se usará una caldera regadora portátil, con sus elementos de irrigación a presión, o una extensión del carrotanque con una boquilla de expansión que permita un riego uniforme.

Por ningún motivo se permitirá la aplicación del riego de liga con regaderas, recipientes perforados, cepillos o cualquier otro dispositivo de aplicación manual por gravedad, que no garantice una aplicación completamente homogénea del riego de liga sobre la superficie por tratar.

421.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

421.4.1 Preparación de la superficie existente

La superficie sobre la cual se ha de aplicar el riego de liga deberá cumplir todos los requisitos de calidad y uniformidad exigidos para que pueda

recibir la capa asfáltica según lo contemplen los documentos del proyecto. De no ser así, el Constructor deberá realizar todas las correcciones previas que le indique el Interventor.

La superficie deberá ser limpiada de polvo, barro seco, suciedad y cualquier material suelto que pueda ser perjudicial para el trabajo, empleando barredoras o sopladoras mecánicas en sitios accesibles a ellas, si su uso está autorizado, y escobas manuales donde aquellas no puedan acceder.

Cuando la superficie que va a recibir el riego de liga sea de tipo asfáltico, se deberán eliminar previamente, mediante fresado, los excesos de ligante que puedan existir y se repararán todos los desperfectos que puedan impedir una correcta adherencia.

Si la superficie está cubierta por un riego de curado, éste deberá ser eliminado mediante barrido enérgico, seguido de soplo con aire comprimido u otro procedimiento aprobado por el Interventor, una vez transcurrido el plazo de curado y antes de aplicar el riego de liga.

421.4.2 Determinación de la dosificación del ligante

El Constructor establecerá la dosificación definitiva del ligante con base en los resultados de las pruebas iniciales en obra; esta dosificación deberá contar con la aprobación del Interventor. En condiciones normales, las dosificaciones serán del orden de doscientos a trescientos gramos de ligante residual por metro cuadrado (200 a 300 g/m²).

421.4.3 Aplicación del ligante bituminoso

La aplicación del ligante se hará con el equipo aprobado y a una temperatura tal, que dé lugar a una viscosidad Saybolt-Furol entre diez y cuarenta segundos (10 sSF - 40 sSF), de manera uniforme, evitando la doble aplicación en las juntas transversales. Con este propósito se colocarán tiras de papel o de otro material adecuado bajo los difusores, en aquellas zonas de la superficie en donde empiece y termine el riego, con el objeto de que éste se inicie o culmine sobre ellas y los difusores funcionen con normalidad sobre la zona por tratar.

En los casos en que, por las condiciones de la obra, se deba efectuar el riego por franjas, deberá existir una pequeña superposición del mismo a lo largo de la junta longitudinal.

El riego sólo se aplicará cuando la superficie esté seca y con la anticipación necesaria a la colocación de la capa bituminosa, para que presente las condiciones de adherencia requeridas.

Antes de iniciar cada jornada de trabajo, se deberá verificar la uniformidad del riego. Si fuere necesario, se calentarán las boquillas de irrigación antes de cada descarga. La bomba y la barra de distribución se deberán limpiar al final de la jornada.

En las zonas donde se presenten insuficiencias o excesos de ligante, el Constructor corregirá la anomalía mediante la adición de ligante o arena limpia, según el caso, sin costo para el Instituto Nacional de Vías y a plena satisfacción del Interventor.

Elementos tales como sardineles, árboles, dispositivos de señalización, defensas y similares, susceptibles de ser manchados por el ligante, deberán ser protegidos adecuadamente por el Constructor, antes de aplicar el riego.

421.4.4 Control del tránsito

No se permitirá transitar por la superficie sobre la cual se ha aplicado el riego de liga, sin la autorización del Interventor.

421.4.5 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la extensión del riego de liga en momentos de lluvia, ni cuando haya fundado temor de que ella ocurra o cuando la temperatura ambiente a la sombra y la del pavimento sean inferiores a cinco grados Celsius (5° C).

La aplicación del riego de liga deberá estar coordinada con la puesta en obra de la capa superpuesta a él, de manera que el ligante no haya perdido su efectividad como elemento de unión. Cuando el Interventor lo estime necesario, se aplicará otro riego de liga, cuyo costo será asumido por el Constructor, si la pérdida de efectividad del riego anterior es imputable a éste.

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

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

421.4.6 Reparaciones

Todo daño de la superficie tratada atribuible a descuido, falta de previsión o negligencia del Constructor, deberá ser reparado por éste, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías, a entera satisfacción del Interventor.

421.4.7 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

421.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

421.5.1 Controles

Rige lo indicado en el numeral 400.5.1 del Artículo 400.

421.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

421.5.2.1 Calidad del material bituminoso

A la llegada de cada carrotanque al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante de la emulsión, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, el tipo y la velocidad de rotura, así como los resultados de ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer todas las condiciones establecidas en los Artículos 411 o 415, según sea el caso. El Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de emulsión asfáltica que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Dicha constancia no evitará, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por

parte del Interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega.

Además, sobre muestras representativas de las diversas entregas, se efectuarán las verificaciones exigidas en el numeral 411.5.2 del Artículo 411 o en el numeral 415.5.2 del Artículo 415, dependiendo del material bituminoso utilizado para el riego. En todos los casos, el Interventor guardará una muestra para ensayos ulteriores de contraste, por si hay dudas o desacuerdos entre las partes sobre los resultados iniciales.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en las Tablas 411 - 1 del Artículo 411 o 415 - 1 del Artículo 415, respectivamente, según si la emulsión asfáltica utilizada es convencional o modificada con polímeros.

421.5.2.2 Dosificación

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

- Quinientos metros lineales (500 m) de calzada con aplicación de riego de liga;
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de calzada aplicación de con riego de liga;
- La superficie regada en un día de trabajo.

La dosificación del asfalto se podrá comprobar verificando el volumen del producto dentro del carrotanque distribuidor antes y después de su aplicación, mediante la norma de ensayo INV E-818; también se podrá comprobar mediante el pesaje de bandejas metálicas u hojas de papel resistente, colocadas durante la aplicación del ligante en no menos de cinco (5) puntos del área considerada como lote, ubicados al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

La tasa media de aplicación de ligante residual (TML) por lote, no podrá variar en más de quince por ciento (15 %) de la autorizada por el Interventor (TEL).

$0.85 \text{ TEL} \leq \text{TML} \leq 1.15 \text{ TEL}$

[421.1]

El Interventor se abstendrá de aceptar lotes regados donde la dosificación media de ligante esté por fuera del rango especificado. Tampoco se aceptará un lote donde más de un punto de ensayo presente un resultado por fuera del límite citado. El Interventor determinará las medidas por adoptar cuando se presenten estos incumplimientos.

El costo de los materiales, equipos y operaciones requeridos para la corrección de defectos o excesos en el riego de liga, deberá ser asumido por el Constructor.

421.6 MEDIDA

Rige lo pertinente del numeral 400.6 del Artículo 400, y en particular lo indicado en el numeral 400.6.1.

421.7 FORMA DE PAGO

Rige lo pertinente del numeral 400.7 del Artículo 400, y en particular lo indicado en el numeral 400.7.2.

421.8 ÍTEM DE PAGO

421.1 Riego de liga con emulsión asfáltica CRR-1	Metro cuadrado (m ²)
421.2 Riego de liga con emulsión asfáltica CRR-2	Metro cuadrado (m ²)
421.3 Riego de liga con emulsión modificada con polímeros CRR-1m	Metro cuadrado (m ²)
421.4 Riego de liga con emulsión modificada con polímeros CRR-2m	Metro cuadrado (m ²)

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

RIEGO DE CURADO

ARTÍCULO 422 – 13

422.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, eventual calentamiento y aplicación uniforme de un ligante bituminoso sobre una capa tratada con un conglomerante hidráulico, con el fin de brindar impermeabilidad a toda su superficie. El trabajo incluye también, eventualmente, el suministro y la aplicación de un agregado fino para la protección de la superficie con el riego.

422.2 MATERIALES

422.2.1 Material bituminoso

El ligante bituminoso por emplear será una emulsión asfáltica catiónica de rotura rápida tipo CRR-1, la cual deberá cumplir las condiciones indicadas en el Artículo 411.

422.2.2 Agregado de protección

El agregado que eventualmente se deba colocar para la protección de la superficie con el riego, será arena natural, arena de trituración o una mezcla de ambas; la cual estará exenta de polvo, terrones de arcilla u otros materiales objetables. Sus características deberán ser las mismas que se exigen a los agregados para el sello de arena asfalto, según el Artículo 432.

422.3 EQUIPO

Rige todo lo descrito en el numeral 400.3 del Artículo 400, así como lo que se indica en el numeral 420.3 del Artículo 420, en relación con el equipo requerido para aplicar los riegos de imprimación.

422.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

422.4.1 Preparación de la superficie existente

Antes de autorizar el riego de curado, el Interventor comprobará que la superficie sobre la cual se va a efectuar el riego cumpla con todos los

requisitos especificados en cuanto a conformación, compactación y acabado de la capa a la cual corresponda.

En caso de que sobre la superficie por tratar se observen fallas o imperfecciones, el Constructor procederá a corregirlas a entera satisfacción del Interventor.

La superficie que ha de recibir el riego de curado se limpiará cuidadosamente de polvo, barro seco, suciedad y cualquier material suelto que pueda ser perjudicial, utilizando el equipo de limpieza aprobado. En lugares inaccesibles a los equipos mecánicos o donde su empleo no esté autorizado, se permitirá el uso de escobas manuales.

422.4.2 Determinación de la dosificación del ligante

El Constructor establecerá la dosificación definitiva del ligante como resultado de la aplicación de los riegos iniciales, la cual quedará definida por la cantidad que garantice la formación de una película continua, uniforme e impermeable de ligante; esta dosificación deberá contar con la aprobación del Interventor. Dicha cantidad no será inferior, en ningún caso, a cuatrocientos gramos por metro cuadrado (400 g/m²) de ligante residual.

422.4.3 Aplicación del ligante bituminoso

En el momento de aplicar el riego, que en ningún caso puede ser después de veinticuatro horas (24 h) después de terminada la compactación de la capa por curar, la superficie de la capa tratada deberá ser previamente humedecida, sin llegar a la saturación.

La aplicación del ligante se hará de manera uniforme, tanto longitudinal como transversalmente, evitando la duplicación en las juntas transversales, para lo cual se colocarán tiras de papel u otro material adecuado en las zonas de iniciación o terminación del trabajo, de manera que el riego comience y termine sobre éstas.

La temperatura de aplicación deberá ser tal, que la viscosidad del producto asfáltico se encuentre entre diez y cuarenta segundos Saybolt-Furol (10 sSF - 40 sSF).

Antes de iniciar cada jornada de trabajo, se deberá verificar la uniformidad del riego. Si fuere necesario, se calentarán las boquillas de

irrigación antes de cada descarga. La bomba y la barra de distribución se deberán limpiar al término de la jornada.

En las zonas donde se presenten insuficiencias o excesos de material bituminoso, el Constructor corregirá la anormalidad mediante la adición de ligante o agregado de protección, respectivamente, a satisfacción del Interventor y sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

En los casos en que, por las condiciones de la obra, se deba efectuar el riego por franjas, deberá existir una pequeña superposición del mismo a lo largo de la junta longitudinal.

No se permitirá transitar sobre la superficie tratada con el riego ni la colocación de capas de rodadura, base asfáltica o tratamientos, hasta que lo autorice el Interventor quien, además, fijará el plazo de curado.

Elementos tales como sardineles, árboles, vallas y similares, susceptibles de ser manchados por el ligante, deberán ser protegidos adecuadamente por parte del Constructor, antes de aplicar el riego.

422.4.4 Determinación de la dosificación del agregado de protección

La dosificación del agregado de protección será la mínima necesaria para garantizar la integridad del riego de curado. En ningún caso, la cantidad de agregado excederá de seis litros por metro cuadrado (6 l/m²).

La dosificación definitiva del agregado de protección se establecerá como resultado de la aplicación de las pruebas iniciales realizadas en la obra.

422.4.5 Extensión del agregado de protección

La extensión eventual del agregado de protección se realizará por instrucción del Interventor. El agregado se extenderá con el equipo aprobado, inmediatamente después de la aplicación del ligante. Su humedad, en el momento de la extensión, no podrá exceder de cuatro por ciento (4 %).

Se deberá evitar el contacto de las ruedas del distribuidor del agregado con el riego de curado sin cubrir. En caso de extender el agregado sobre una franja regada sin que lo hubiera sido la adyacente, se dejará sin cubrir una zona de aquella de unos quince a veinte centímetros (15 - 20 cm), junto a la zona que se encuentra sin tratar.

422.4.6 Control del tránsito

Se prohibirá todo tipo de tránsito sobre la superficie tratada con el riego de curado durante el lapso que determine el Interventor. Una vez permitida la circulación, la velocidad de los vehículos no deberá exceder de treinta kilómetros por hora (30 km/h).

422.4.7 Limitaciones en la ejecución

Por ningún motivo se permitirá la aplicación de riegos de curado cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a cinco grados Celsius (5° C) o haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra.

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

422.4.8 Reparaciones

Todo daño en el riego de curado atribuible a descuido, falta de previsión o negligencia del Constructor, deberá ser reparado por éste, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías y a entera satisfacción del Interventor.

422.4.9 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

422.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

422.5.1 Controles

Rige todo lo que resulte aplicable del numeral 400.5.1 del Artículo 400.

422.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

422.5.2.1 Calidad de la emulsión

A la llegada de cada carrotanque al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante de la emulsión, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, el tipo y la velocidad de rotura, así como los resultados de ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer todas las condiciones establecidas en la Tabla 411 - 1 del Artículo 411. El Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de emulsión asfáltica que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Dicha constancia no evitará, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del Interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega.

Además, sobre muestras representativas de las diversas entregas, se efectuarán las verificaciones exigidas en el numeral 411.5.2 del Artículo 411. En todos los casos, el Interventor guardará una muestra para ensayos ulteriores de contraste, por si hay dudas o desacuerdos entre las partes sobre los resultados iniciales.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en la Tabla 411 - 1 del Artículo 411.

422.5.2.2 Calidad del agregado de protección

Rige lo indicado en el numeral 432.5.2.2 del Artículo 432.

422.5.2.3 Dosificación

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

- Quinientos metros lineales (500 m) de calzada con riego de curado.

- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de calzada con riego de curado.
- La superficie cubierta con el riego en un día de trabajo.

La dosificación del asfalto se podrá comprobar verificando el volumen del producto dentro del carrotanque distribuidor antes y después de su aplicación, mediante la norma de ensayo INV E-818; también se podrá comprobar mediante el pesaje de bandejas metálicas u hojas de papel resistente, colocadas durante la aplicación del ligante o la extensión del agregado en no menos de cinco (5) puntos del área considerada como lote, ubicados al azar según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

La dosificación del agregado de protección, cuando su utilización sea ordenada por el Interventor, se comprobará mediante el pesaje de bandejas metálicas, según la norma de ensayo INV E-819, en no menos de cinco (5) puntos del área considerada como lote, ubicados al azar según la norma de ensayo INV E-730 pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

Las tasas medias de aplicación de ligante residual (TML) y de agregados (TMA) por lote, no podrán variar en más de quince por ciento (15 %) de las autorizadas por el Interventor (TEL y TEA).

$0.85 \text{ TEL} \leq \text{TML} \leq 1.15 \text{ TEL}$	[422.1]
--	---------

$0.85 \text{ TEA} \leq \text{TMA} \leq 1.15 \text{ TEA}$	[422.2]
--	---------

El Interventor se abstendrá de aceptar lotes con riego de curado donde la dosificación media de ligante o agregados esté por fuera del rango especificado. Tampoco se aceptará un lote donde más de un punto de ensayo presente un resultado por fuera del límite citado. El Interventor determinará las medidas por adoptar cuando se presenten estos incumplimientos.

El costo de los materiales, equipos y operaciones requeridos para la corrección de defectos o excesos en el riego de curado y/o en el agregado de protección, deberá ser asumido por el Constructor.

422.6 MEDIDA

No habrá lugar a medida, para efecto de pago separado, del riego de curado que se aplique sobre una capa tratada con un conglomerante hidráulico.

422.7 FORMA DE PAGO

No habrá pago separado por el riego de curado. Por lo tanto, todos los costos que impliquen el suministro de los materiales requeridos y la ejecución de los trabajos objeto del presente Artículo, deberán formar parte del precio unitario de la capa tratada con conglomerante hidráulico que se está protegiendo.

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE

ARTÍCULO 430 – 13

430.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la aplicación de un riego de material bituminoso sobre una superficie preparada, seguido por la extensión y compactación de una capa de agregado pétreo, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, cotas y secciones indicados en los planos o establecidos por el Interventor.

430.2 MATERIALES

430.2.1 Agregados pétreos

Los agregados pétreos deberán cumplir los requisitos generales del Artículo 400, numeral 400.2.1, y los requisitos particulares de la Tabla 430 - 1.

Tabla 430 - 1. Requisitos de los agregados para tratamiento superficial simple

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO	
		NT-1	NT-2
Dureza, agregado grueso (O)			
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%)	E-218	25	25
- 500 revoluciones		5	5
- 100 revoluciones			
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	25
Coefficiente de pulimento acelerado, mínimo	E-232	0.45	0.45
Durabilidad (O)			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, agregado grueso, máximo (%)	E-220	18	18
Limpieza, agregado grueso (F)			
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	E-237	0.5	0.5
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)			
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%)	E-230	30	30
Caras fracturadas, mínimo (%): una cara / dos caras	E-227	75 / -	75 / 60
Adhesividad (O)			
Bandeja, mínimo (%)	E-740	80	80

Los agregados deberán presentar una gradación ajustada a alguna de las franjas indicadas en la Tabla 430 - 2.

La franja por utilizar corresponderá a la establecida en los estudios del proyecto o la determinada por el Interventor. Se podrán emplear otras franjas, si así lo establecen las especificaciones particulares del proyecto.

El material que produzca el Constructor deberá dar lugar a una curva sensiblemente paralela a los límites de la franja por utilizar, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior del tamiz adyacente y viceversa.

Tabla 430 - 2. Gradaciones para tratamientos superficiales simples

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)					
	19.0	12.5	9.5	6.3	4.75	2.36
	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	No. 4	No. 8
% PASA						
TSS – 19	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5
TSS – 13	-	100	90-100	10-40	0-15	0-5
Tolerancias en producción sobre la gradación definida en la fase de experimentación (±)	4 %					1 %

430.2.2 Material bituminoso

Será una emulsión asfáltica catiónica de rotura rápida del tipo CRR-2 o una emulsión modificada con polímeros del tipo CRR-2m, la cual deberá cumplir los requisitos de calidad establecidos en los Artículos 411 o 415, según corresponda.

El tipo de emulsión por aplicar será el definido en los documentos técnicos del proyecto.

430.2.3 Aditivos mejoradores de adherencia

Cuando se requieran, se deberán ajustar a lo descrito en el Artículo 412.

430.3 EQUIPO

Se aplica lo que sea pertinente del numeral 400.3 del Artículo 400.

Para la ejecución del tratamiento superficial simple se requiere básicamente equipo para la explotación, elaboración y clasificación de agregados, para la limpieza de la superficie, distribuidor autopropulsado del material bituminoso, esparcidor mecánico de agregado pétreo, compactadores neumáticos y herramientas menores.

430.3.1 Equipo para la elaboración y clasificación de agregados triturados

La planta de trituración estará provista de una trituradora primaria y una trituradora secundaria; deberá incluir también una clasificadora y, de ser necesario, un equipo de lavado. Además, deberá estar provista de los filtros necesarios para prevenir la contaminación ambiental.

430.3.2 Equipo para la aplicación del ligante bituminoso

Consistirá en un carrotanque irrigador de las características descritas en el numeral 420.3.2 del Artículo 420.

Para áreas inaccesibles al carrotanque y para retoques y aplicaciones mínimas, se usará una caldera regadora portátil, con sus elementos de irrigación a presión, o una extensión del carrotanque con boquilla de expansión que permita un riego uniforme.

430.3.3 Equipo para la extensión del agregado pétreo

Se podrán emplear esparcidoras autopropulsadas o extendedoras mecánicas acopladas a volquetas, que garanticen una adecuada y homogénea distribución del agregado pétreo sobre la superficie.

430.3.4 Equipo multidistribuidor de asfalto y agregado

En lugar del carrotanque irrigador y del equipo de extensión del agregado pétreo, descritos en los numerales 430.3.2 y 430.3.3, se podrá emplear un equipo multidistribuidor que permita la aplicación conjugada de la emulsión asfáltica y el agregado en una sola operación.

430.3.5 Equipo de compactación

Se emplearán rodillos neumáticos de un peso superior a cinco toneladas (5 t), cuya presión de inflado de las llantas deberá tener la aprobación del

Interventor. Todos los compactadores deberán ser autopropulsados y estar dotados de dispositivos para la limpieza de sus llantas durante la compactación, así como inversores de marcha suaves.

430.3.6 Equipo de barrido

Se deberá disponer de barredoras mecánicas de cepillo. En caso de que las autoridades ambientales no permitan su utilización, el Interventor determinará el equipo por utilizar.

430.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

430.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el Artículo 105, numeral 105.13.3.

430.4.2 Dosificación del tratamiento

Salvo justificación en contrario, la dosificación por utilizar se encontrará dentro de los límites indicados en la Tabla 430 - 3.

Tabla 430 - 3. Dosificación para tratamientos superficiales simples

TIPO DE GRADACIÓN	DOSIFICACIÓN (l/m ²)	
	AGREGADOS	LIGANTE RESIDUAL
TSS - 19	8-10	0.9-1.3
TSS - 13	6-8	0.7-1.1

De acuerdo con las características de la superficie sobre la cual se aplicará el tratamiento, las condiciones climáticas del lugar y el tránsito previsto, el Constructor hará un diseño preliminar del tratamiento por algún método empírico reconocido, cuyos resultados servirán de base para las primeras pruebas.

La dosificación definitiva del tratamiento superficial simple, incluyendo las adiciones que eventualmente se requieran para mejorar la adherencia entre el ligante y el agregado, será establecida por el Constructor y aprobada por el Interventor, dependiendo de las características de la obra y a la vista de los resultados de la fase de experimentación y previo el

cumplimiento de los requisitos indicados en el numeral 400.4.2 del Artículo 400.

Esta dosificación deberá verificarse y, si es el caso, ajustarse en caso de que la gradación durante producción no se ajuste a la definida en la fase de experimentación con las tolerancias que se indican en la Tabla 430 - 2.

430.4.3 Preparación de la superficie existente

La construcción del tratamiento no comenzará hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar, tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la especificación respectiva, se deberán corregir de acuerdo con lo establecido en el Artículo correspondiente a la unidad de obra de que se trate.

Si la construcción del tratamiento requiere una imprimación previa de la superficie, ella se realizará de acuerdo con lo establecido en el Artículo 420. No se permitirá la construcción del tratamiento mientras la imprimación no haya completado su curado y, en ningún caso, antes de veinticuatro horas (24 h), transcurridas desde su aplicación.

En el momento de aplicar el ligante bituminoso, la superficie deberá estar seca y libre de cualquier sustancia que resulte objetable a juicio del Interventor.

430.4.4 Fase de experimentación

Rige lo establecido en el numeral 400.4.3 del Artículo 400.

430.4.5 Aplicación del ligante bituminoso

Antes de la aplicación del ligante se marcará una línea guía en la calzada para controlar el paso del distribuidor y se señalará la longitud de la carretera que quedará cubierta, de acuerdo con la cantidad de emulsión asfáltica disponible en el distribuidor y la capacidad de extensión del esparcidor de agregados pétreos.

La dosificación elegida del ligante se aplicará de manera uniforme a una temperatura que corresponda a una viscosidad Saybolt-Furol comprendida entre veinticinco y cien segundos (25 sSF a 100 sSF),

evitando duplicaciones de dotación en las juntas transversales de trabajo, para lo cual se colocarán fajas de papel grueso, de ancho no menor a un metro (1.0 m), bajo los difusores, en aquellas zonas donde comience o se interrumpa la aplicación.

Al comienzo de cada jornada de trabajo se deberá verificar la uniformidad del riego. Si fuere necesario, se calentarán las boquillas de irrigación antes de cada descarga. La bomba y la barra de distribución se deberán limpiar al final de la jornada.

Durante la aplicación del ligante se deberán proteger todos los elementos que señale el Interventor, tales como bordillos, vallas o árboles. En trabajos de prueba o de limpieza de los equipos, no se permitirá descargar el material bituminoso en zanjas o zonas próximas a la carretera.

No se permitirá ningún tipo de tránsito sobre el ligante aplicado.

430.4.6 Extensión del agregado pétreo

La extensión del agregado se realizará de manera uniforme, en la cantidad aprobada por el Interventor e inmediatamente después de la aplicación del ligante bituminoso. La distribución del agregado se hará de manera que se evite el tránsito del esparcidor sobre la capa del ligante sin cubrir. En el instante de la extensión, la humedad del agregado deberá ser tal, que no perjudique su adhesividad con el ligante bituminoso empleado.

Cuando el material bituminoso se aplique por franjas, el agregado se esparcirá de forma que quede sin cubrir una banda de quince a veinte centímetros (15 cm a 20 cm) de la zona tratada, aledaña a la zona que aún no ha recibido el riego, con el fin de completar en dicha banda la dosificación prevista del ligante al efectuar su aplicación en la franja adyacente.

430.4.7 Aplicación conjugada del ligante y los agregados pétreos

Si se dispone de un equipo multidistribuidor, la aplicación del ligante bituminoso y la del agregado pétreo se realizarán en una sola operación. Bajo esta circunstancia, resulta aplicable lo expuesto en el numeral 430.4.5 en relación con la aplicación del ligante, salvo su último párrafo, dada la imposibilidad de que haya tránsito vehicular sobre el ligante recién aplicado.

En relación con el agregado pétreo, éste será extendido por el mismo equipo, de manera uniforme, en la cantidad aprobada por el Interventor e inmediatamente después de la aplicación del ligante bituminoso. En el instante de la extensión, la humedad del agregado deberá ser tal, que no perjudique su adhesividad con el ligante bituminoso empleado.

Cuando el material bituminoso se aplique por franjas, el agregado se esparcirá de forma que quede sin cubrir una banda de quince a veinte centímetros (15 cm a 20 cm) de la zona tratada, aledaña a la zona que aún no ha recibido el riego, con el fin de completar en dicha banda la dosificación prevista del ligante al efectuar su aplicación en la franja adyacente.

430.4.8 Compactación

Las operaciones de compactación se realizarán con el compactador neumático y comenzarán inmediatamente después de la aplicación del agregado pétreo. En zonas en tangente, la compactación se iniciará por el borde exterior y avanzando hacia el centro, traslapando cada pasada con la anterior. En curvas, se iniciará desde el borde inferior hacia el borde superior, traslapando cada recorrido con el anterior.

La compactación continuará hasta obtener una superficie lisa y estable en un tiempo máximo de treinta (30) minutos, contado desde el inicio de la extensión del agregado pétreo.

430.4.9 Acabado, limpieza y eliminación de sobrantes

Una vez terminada la compactación y transcurrido el plazo necesario para que el ligante utilizado alcance la cohesión suficiente para resistir la acción normal del tránsito vehicular, se barrerá de manera enérgica la superficie del tratamiento para eliminar todo exceso de agregados que haya quedado suelto sobre la superficie, operación que deberá continuar aún después de que el tramo con el tratamiento haya sido abierto al tránsito.

En los quince (15) días siguientes a la apertura del tratamiento al tránsito, se realizará un barrido definitivo del agregado pétreo que no esté adherido.

El material sobrante de esta operación deberá ser recogido por el Constructor, quien lo dispondrá en los sitios que autorice el Interventor.

430.4.10 Apertura al tránsito

Siempre que sea posible, se deberá evitar todo tipo de tránsito sobre la capa recién ejecutada durante las veinticuatro (24) horas siguientes a su terminación. Si ello no es factible, se deberán tomar medidas para que los vehículos no circulen a una velocidad superior a treinta kilómetros por hora (30 km/h).

430.4.11 Limitaciones en la ejecución

Por ningún motivo se permitirá la ejecución del tratamiento cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a cinco grados Celsius (5° C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

Cuando no se utilice equipo multidistribuidor, la extensión del agregado pétreo se deberá realizar antes de que haya transcurrido, desde la aplicación del ligante, el plazo máximo fijado por el Interventor. En todos los casos, la compactación deberá quedar concluida antes de treinta (30) minutos de haber sido extendido el agregado.

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

430.4.12 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

430.4.13 Reparaciones

Todos los defectos que se presenten durante la ejecución del tratamiento, tales como juntas irregulares, defectos transversales en la aplicación del ligante o el agregado, irregularidades del alineamiento, etc., así como los que se deriven de un incorrecto control del tránsito recién terminados los trabajos, deberán ser corregidos por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones del Interventor, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

430.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

430.5.1 Controles

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

430.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

430.5.2.1 Calidad de la emulsión

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para la emulsión serán los establecidos en los Artículos 411 y 415, según corresponda.

430.5.2.2 Calidad de los agregados

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deberán realizar los ensayos que se encuentran indicados en la Tabla 430 - 1.

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se retirarán los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, se acopiarán por separado aquellos agregados que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas, y plasticidad, y se vigilará la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, se efectuarán las verificaciones de calidad de los agregados indicadas en la Tabla 430 - 4.

La curva granulométrica de cada ensayo individual deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la definida en la fase de experimentación con las tolerancias que se indican en la Tabla 430 - 2, pero sin permitir que la curva se salga de los límites de la franja. Si la curva granulométrica de algún ensayo no cumple con la anterior indicación, pero no se sale de los límites de la franja, será necesario verificar y, si es el caso, ajustar la dosificación del tratamiento superficial.

El Interventor podrá autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 430 - 4, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos

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

430.5.2.3 Calidad del producto terminado

430.5.2.3.1 Tamaño del lote

Se considerará como "lote" que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área que resulte de los siguientes criterios.

- Quinientos metros lineales (500 m) de tratamiento construido;
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de tratamiento construido;
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

Tabla 430 - 4. Ensayos de verificación sobre los agregados para tratamientos superficiales simples

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Coeficiente de pulimento acelerado	E-232	1 por mes
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza (F)		
Contenido de impurezas	E-237	1 por jornada
Geometría de las partículas (F)		
Índices de alargamiento y aplanamiento	E-230	1 por semana
Porcentaje de caras fracturadas	E-227	1 por semana

En dicho lote, se efectuarán los controles indicados a continuación:

430.5.2.3.2 Aspectos generales

El tratamiento terminado deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la zona pavimentada no podrá ser, en ningún punto, inferior a la señalada en los planos o la determinada por el Interventor.

430.5.2.3.3 Tasa de aplicación

Las dosificaciones del asfalto y del agregado se comprobarán mediante las normas INV E-818 e INV E-819 respectivamente, en no menos de cinco (5) puntos del área considerada como lote, ubicados al azar según la norma de ensayo INV E-730, pero de

manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

Las tasas medias de aplicación de ligante residual (TML) y de agregados (TMA) por lote, no podrán variar en más de diez por ciento (10 %) de las autorizadas por el Interventor como resultado de la fase de experimentación (TEL y TEA).

$$0.9 \text{ TEL} \leq \text{TML} \leq 1.1 \text{ TEL}$$

[430.1]

$$0.9 \text{ TEA} \leq \text{TMA} \leq 1.1 \text{ TEA}$$

[430.2]

Así mismo, ningún ensayo individual podrá presentar un resultado que varíe en más de quince por ciento (15 %) de la tasa de aplicación de ligante o agregados autorizada por el Interventor (TEL o TEA).

Si alguno de los anteriores requisitos se incumple, se rechazará el lote. En caso de rechazo, el tratamiento superficial simple correspondiente al lote controlado deberá ser levantado mediante fresado y repuesto a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

430.5.2.3.4 Textura

Por lote se efectuarán, como mínimo y en sitios elegidos al azar, según la norma de ensayo INV E-730, tres (3) determinaciones de la profundidad de textura con el círculo de arena (INV E-791). El promedio de las lecturas deberá ser, cuando menos, igual a un milímetro y dos décimas (1.2 mm), sin que ninguno de los valores individuales sea inferior a un milímetro (1.0 mm).

En caso de que se presenten valores menores, el Interventor realizará medidas adicionales para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual

deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

El requisito de textura no será aplicable cuando el tratamiento superficial se construya para la protección de bermas.

430.5.2.3.5 Resistencia al deslizamiento

Antes de la puesta en servicio del tratamiento superficial simple, se harán las determinaciones de la resistencia al deslizamiento. Debido a que ésta se encuentra relacionada directamente con la seguridad de los usuarios, los puntos para su determinación en cada lote no se elegirán al azar, sino que serán ubicados por el Interventor en los lugares que considere más sensibles al deslizamiento vehicular en condición de superficie húmeda.

Las medidas se realizarán con el péndulo británico, en acuerdo con la norma de ensayo INV E-792, en tres (3) puntos por lote en zonas en tangente y en uno (1) por cada curva horizontal y por cada zona singular (glorieta, intersección, zona de frenado, etc.) incluida dentro del lote y ninguna de ellas podrá presentar un valor inferior al límite indicado en la Tabla 430 - 5, de acuerdo con el tránsito de diseño y el tipo de sección.

En caso de que se presenten valores menores, se realizarán medidas adicionales para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

La resistencia al deslizamiento se puede verificar también con dispositivos de rueda parcialmente

bloqueada (norma de ensayo INV E-815). En tal caso, la especificación particular indicará el equipo autorizado, así como los valores mínimos por alcanzar, los cuales deberán ser, cuando menos, equivalentes a los señalados en la Tabla 430 - 5 para el péndulo británico.

Tabla 430 - 5. Valores mínimos admisibles del coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo británico

TIPO DE SECCIÓN	COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO, MÍNIMO	
	NT1	NT2
Secciones críticas: - Glorietas - Intersecciones - Zonas de frenado frecuente - Curvas con radio de curvatura < 200 m - Tramos con pendiente > 5 % y longitud >100 m	0.50	0.55
Otras secciones	0.45	0.50

430.5.2.3.6 Regularidad superficial

Debido a sus características y limitado espesor, los tratamientos superficiales que van a servir como capa de rodadura no pueden corregir defectos asociados con la falta de regularidad del perfil longitudinal de la calzada. Por tal razón, no se permitirá la colocación del tratamiento, mientras no se garantice que la superficie de la capa sobre la cual se va a construir, cumpla los requisitos que se exigen sobre IRI en la especificación general o particular referente a dicha capa.

430.5.2.4 Modificación eventual de la extensión del lote

Si el Interventor considera que las deficiencias de calidad del producto terminado no son generalizadas en todo el lote

definido según los criterios establecidos en el numeral 430.5.2.3.1 de esta especificación, sino que se restringen a la superficie tratada por una sola carga del equipo empleado en la aplicación del ligante o del agregado, podrá modificar la extensión del “lote”, limitándola al área construida con dicha carga.

430.6 MEDIDA

Rige lo pertinente del numeral 400.6 del Artículo 400, y en particular lo indicado en el numeral 400.6.1.

430.7 FORMA DE PAGO

Rige lo pertinente del numeral 400.7 del Artículo 400, y en particular lo indicado en el numeral 400.7.2.

430.8 ÍTEM DE PAGO

430.1 Tratamiento superficial simple con emulsión CRR-2	Metro cuadrado (m ²)
430.2 Tratamiento superficial simple con emulsión CRR-2 m	Metro cuadrado (m ²)

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

TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE

ARTÍCULO 431 – 13

431.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en dos aplicaciones de un material bituminoso sobre una superficie preparada, seguidas sucesivamente por la extensión y compactación de sendas capas de agregado pétreo, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, cotas y secciones indicados en los planos o establecidos por el Interventor.

Si los documentos del proyecto establecen la necesidad de colocar un sello de protección, éste se construirá de acuerdo con el Artículo 432.

431.2 MATERIALES

431.2.1 Agregados pétreos

Los agregados pétreos deberán cumplir los requisitos generales del Artículo 400, numeral 400.2.1, y los requisitos particulares de la Tabla 431 - 1.

Los agregados deberán presentar una gradación ajustada a alguna de las franjas indicadas en la Tabla 431 - 2.

La franja por utilizar corresponderá a la establecida en los estudios del proyecto o la determinada por el Interventor. Se podrán emplear otras franjas, si así lo establecen las especificaciones particulares del proyecto.

El material que produzca el Constructor, deberá dar lugar a una curva sensiblemente paralela a los límites de la franja por utilizar, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior del tamiz adyacente y viceversa.

431.2.2 Material bituminoso

Será una emulsión asfáltica catiónica de rotura rápida del tipo CRR-2 o una emulsión modificada con polímeros del tipo CRR-2m, la cual deberá cumplir los requisitos de calidad establecidos en los Artículos 411 o 415, según corresponda.

El tipo de emulsión por aplicar será el definido en los documentos técnicos del proyecto.

Tabla 431 - 1. Requisitos de los agregados para tratamiento superficial doble

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO	
		NT-1	NT-2
Dureza, agregado grueso (O)			
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%)	E-218	25	25
- 500 revoluciones		5	5
- 100 revoluciones			
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	25
Coefficiente de pulimento acelerado, mínimo	E-232	0.45	0.45
Durabilidad (O)			
- Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, agregados fino y grueso, máximo (%)	E-220	18	18
Limpieza, agregado grueso (F)			
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	E-237	0.5	0.5
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)			
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%)	E-230	30	30
Caras fracturadas, mínimo (%): una cara / dos caras	E-227	75 / -	75 / 60
Adhesividad (O)			
Bandeja, mínimo (%)	E-740	80	80

Tabla 431 - 2. Gradaciones para tratamientos superficiales dobles

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	25.0	19.0	12.5	9.5	6.3	4.75	2.36	1.18
	3/4"	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	No. 4	No. 8	No. 16
% PASA								
TSD - 25	100	90-100	10-45	0-15	-	0-5	-	-
TSD - 19	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5	-
TSD - 13	-	-	100	90-100	10-40	0-15	0-5	-
TSD - 10	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	0-5
Tolerancias en producción sobre la gradación definida en la fase de experimentación (±)	4 %						1 %	

431.2.3 Aditivos mejoradores de adherencia

Cuando se requieran, se deberán ajustar a lo descrito en el Artículo 412.

431.3 EQUIPO

Rige lo descrito en el numeral 400.3 del Artículo 400 y en el numeral 430.3 del Artículo 430.

431.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**431.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados**

Rige lo establecido en el Artículo 105, numeral 105.13.3.

431.4.2 Dosificación del tratamiento

Salvo justificación en contrario, la dosificación por utilizar se encontrará dentro de los límites indicados en la Tabla 431 - 3.

Tabla 431 - 3. Dosificación para tratamientos superficiales dobles

TIPO	APLICACIÓN	AGREGADOS		LIGANTE RESIDUAL (l/m ²)
		GRADACIÓN	DOSIFICACIÓN (l/m ²)	
1	Primera	TSD-25	12 – 14	1.3 – 1.8
	Segunda	TSD-13	6 – 8	0.8 – 1.2
2	Primera	TSD-19	8 – 10	0.9 – 1.3
	Segunda	TSD-10	5 – 7	0.7 – 1.0

De acuerdo con las características de la superficie sobre la cual se aplicará el tratamiento, las condiciones climáticas del lugar y el tránsito previsto, el Constructor hará un diseño preliminar del tratamiento por algún método empírico reconocido, cuyos resultados servirán de base para las primeras pruebas.

La dosificación definitiva del tratamiento superficial doble, incluyendo las adiciones que eventualmente se requieran para mejorar la adherencia entre el ligante y el agregado, será establecida por el Constructor y aprobada por el Interventor, dependiendo de las características de la obra y a la vista de los resultados de la fase de experimentación y previo el

cumplimiento de los requisitos indicados en el numeral 400.4.2 del Artículo 400.

Esta dosificación deberá verificarse y, si es el caso ajustarse, en caso de que la gradación durante producción no se ajuste a la definida en la fase de experimentación con las tolerancias que se indican en la Tabla 431 - 2.

El Interventor podrá autorizar que la primera aplicación del ligante se haga con la cantidad mínima necesaria para sujetar el agregado de cobertura correspondiente, debiéndose completar la dosificación exigida en la segunda aplicación.

431.4.3 Preparación de la superficie existente

Se aplicará todo lo descrito en el numeral 430.4.3 del Artículo 430.

431.4.4 Fase de experimentación

Rige lo establecido en el numeral 400.4.3 del Artículo 400.

431.4.5 Primera aplicación

431.4.5.1 Ligante bituminoso

Al respecto, resulta aplicable lo establecido en el numeral 430.4.5 del Artículo 430.

431.4.5.2 Agregado pétreo

Se aplicará lo descrito en el numeral 430.4.6 del Artículo 430.

431.4.5.3 Aplicación conjugada del ligante y los agregados pétreos

Cuando el trabajo se realice con un equipo multidistribuidor, se aplicará lo establecido en el numeral 430.4.7 del Artículo 430.

431.4.5.4 Compactación

Las operaciones de la primera compactación, que se limitarán a dos (2) pasadas, se realizarán con el compactador neumático y comenzarán inmediatamente después de la aplicación del agregado pétreo. En zonas en tangente, la

compactación se iniciará por el borde exterior y avanzando hacia el centro, traslapando cada pasada con la anterior. En curvas, se iniciará desde el borde inferior hacia el borde superior, traslapando cada recorrido con el anterior de acuerdo con las instrucciones del Interventor.

Se deberá impedir cualquier tipo de tránsito automotor sobre esta superficie.

431.4.6 Segunda aplicación

431.4.6.1 Ligante bituminoso

La segunda aplicación del ligante se realizará en la cantidad y a la temperatura aprobadas por el Interventor y, si las condiciones meteorológicas lo permiten, dentro de las veinticuatro (24) horas siguientes a la construcción de la primera capa.

Esta segunda aplicación se hará de la misma forma que la primera. Si en el primer riego se utiliza el criterio de la cantidad mínima necesaria mencionado en el numeral 431.4.2, la cantidad total dosificada se deberá completar en el segundo riego.

El ancho de franja en que se aplique este riego deberá variar en relación con el empleado en el primero en, aproximadamente, veinte centímetros (20 cm) en más o en menos, con el fin de evitar que la junta longitudinal de construcción se superponga con la de la primera capa, impidiendo la obtención de una superficie uniforme.

431.4.6.2 Agregado pétreo

La extensión se realizará con el agregado pétreo seleccionado para la construcción de esta capa y en la cantidad aprobada por el Interventor, de la misma forma que la primera e inmediatamente después de la segunda aplicación del material bituminoso.

431.4.6.3 Aplicación conjugada del ligante y los agregados pétreos

Cuando se emplee el equipo multidistribuidor, el ligante y el agregado para la segunda capa se aplicarán de igual forma que para la primera, con las dosificaciones de los materiales y gradación de los agregados, aprobadas previamente por el Interventor.

El ancho de franja en que se aplique este riego deberá variar en relación con el empleado en el primero en, aproximadamente, veinte centímetros (20 cm) en más o en menos, con el fin de evitar que la junta longitudinal de construcción se superponga con la de la primera capa, impidiendo la obtención de una superficie uniforme.

431.4.6.4 Compactación final

Inmediatamente después de la segunda extensión del agregado, se procederá a su compactación con el rodillo neumático, en sentido longitudinal, iniciando por el borde exterior y avanzando hacia el centro, traslapando cada pasada con la anterior. En curvas, se iniciará desde el borde inferior hacia el borde superior, traslapando cada recorrido con el anterior.

La compactación se deberá continuar hasta obtener una superficie lisa y estable en un lapso no mayor de treinta (30) minutos, contados desde el instante de ser iniciada la extensión del agregado de la segunda capa.

431.4.7 Acabado, limpieza y eliminación de sobrantes

Se aplica lo descrito en el numeral 430.4.9 del Artículo 430.

431.4.8 Apertura al tránsito

Es aplicable lo descrito en el numeral 430.4.10 del Artículo 430.

431.4.9 Limitaciones en la ejecución

Se aplicará lo indicado en el numeral 430.4.11 del Artículo 430.

431.4.10 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

431.4.11 Reparaciones

Se aplicará lo señalado en el numeral 430.4.13 del Artículo 430.

431.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

431.5.1 Controles

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

431.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**431.5.2.1 Calidad de la emulsión**

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para la emulsión serán los establecidos en los Artículos 411 y 415, según corresponda.

431.5.2.2 Calidad de los agregados

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deberán realizar los ensayos que se encuentran indicados en la Tabla 431 - 1.

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y retirarán los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, se acopiarán por separado aquellos agregados que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas, y plasticidad, y se vigilará la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, se efectuarán las verificaciones de calidad de los agregados indicadas en la Tabla 431 - 4.

La curva granulométrica de cada ensayo individual deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la definida en la fase de experimentación con las tolerancias que se indican en la Tabla 431 - 2, pero sin permitir que la curva se salga de los límites de la franja. Si la curva granulométrica de algún ensayo no cumple con la anterior indicación, pero no se sale de los límites de la franja, será necesario verificar y, si es el caso, ajustar la dosificación del tratamiento superficial.

El Interventor podrá autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 431 - 4, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos

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

431.5.2.3 Calidad del producto terminado

431.5.2.3.1 Tamaño del lote

Se considerará como "lote" que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área que resulte de los siguientes criterios, para cada una de las capas del tratamiento superficial doble.

- Quinientos metros lineales (500 m) de tratamiento construido;
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de tratamiento construido;

- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

En dicho lote, se efectuarán los controles indicados en los siguientes numerales.

Tabla 431 - 4. Ensayos de verificación sobre los agregados para tratamientos superficiales dobles

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Coeficiente de pulimento acelerado	E-232	1 por mes
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza (F)		
Contenido de impurezas	E-237	1 por jornada
Geometría de las partículas (F)		
Índices de alargamiento y aplanamiento	E-230	1 por semana
Porcentaje de caras fracturadas	E-227	1 por semana

431.5.2.3.2 Aspectos generales

El tratamiento terminado deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la zona pavimentada no podrá ser, en ningún punto, inferior a la señalada en los planos o la determinada por el Interventor.

431.5.2.3.3 Tasa de aplicación

Las dosificaciones del asfalto y del agregado se comprobarán en cada capa mediante las normas INV E-818 y 819 respectivamente, en no menos de cinco

(5) puntos del área considerada como lote, ubicados al azar según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

Las tasas medias de aplicación de ligante residual (TML) y de agregados (TMA) por lote, no podrán variar en más de diez por ciento (10 %) de las autorizadas por el Interventor como resultado de la fase de experimentación (TEL y TEA).

$$0.9 \text{ TEL} \leq \text{TML} \leq 1.1 \text{ TEL} \quad [431.1]$$

$$0.9 \text{ TEA} \leq \text{TMA} \leq 1.1 \text{ TEA} \quad [431.2]$$

Así mismo, ningún ensayo individual podrá presentar un resultado que varíe en más de quince por ciento (15 %) de la tasa de aplicación de ligante o agregados autorizada por el Interventor (TEL o TEA).

Si alguno de los anteriores requisitos se incumple, se rechazará el lote. En caso de rechazo de un lote correspondiente a la primera capa, la capa correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

En caso de rechazo de un lote correspondiente a la segunda capa, todo el espesor de tratamiento superficial doble correspondiente al lote controlado deberá ser levantado mediante fresado y repuesto a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

En ambos casos, el material fresado será de propiedad del Constructor.

431.5.2.3.4 Textura

Sobre la segunda capa se efectuarán como mínimo y en sitios elegidos al azar, según la norma de ensayo INV E-730, tres (3) determinaciones por lote de la profundidad de textura con el círculo de arena (INV E-791). El promedio de las lecturas deberá ser, cuando menos, igual a un milímetro (1.0 mm), sin que ninguno de los valores individuales sea inferior o décimas de milímetro (0.8 mm).

En caso de que se presenten valores menores, el Interventor realizará medidas adicionales para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

El requisito de textura no será aplicable cuando el tratamiento superficial doble se construya para la protección de bermas.

431.5.2.3.5 Resistencia al deslizamiento

Antes de la puesta en servicio del tratamiento superficial doble, se harán las determinaciones de la resistencia al deslizamiento. Debido a que ésta se encuentra relacionada directamente con la seguridad de los usuarios, los puntos para su determinación en cada lote no se elegirán al azar, sino que serán ubicados por el Interventor en los lugares que considere más sensibles al deslizamiento vehicular en condición de superficie húmeda.

Las medidas se realizarán con el péndulo británico, en acuerdo con la norma de ensayo INV E-792, en tres (3) puntos por lote en zonas en tangente y en uno (1) por cada curva horizontal y por cada zona singular (glorieta, intersección, zona de frenado, etc.) incluida dentro del lote y ninguna de ellas

podrá presentar un valor inferior al límite indicado en la Tabla 431 - 5, de acuerdo con el tránsito de diseño y el tipo de sección.

En caso de que se presenten valores menores, se realizarán medidas adicionales para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

Tabla 431 - 5. Valores mínimos admisibles del coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo británico

TIPO DE SECCIÓN	COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO, MÍNIMO	
	NT1	NT2
Secciones críticas: - Glorietas - Intersecciones - Zonas de frenado frecuente - Curvas con radio de curvatura < 200 m - Tramos con pendiente > 5% y longitud ≥ 100 m	0.50	0.55
Otras secciones	0.45	0.50

La resistencia al deslizamiento se puede verificar también con dispositivos de rueda parcialmente bloqueada (norma de ensayo INV E-815). En tal caso, la especificación particular indicará el equipo autorizado, así como los valores mínimos por alcanzar, los cuales deberán ser, cuando menos, equivalentes a los señalados en la Tabla 431 - 5 para el péndulo británico

431.5.2.3.6 Regularidad superficial

Debido a sus características y limitado espesor, los tratamientos superficiales que van a servir como capa de rodadura no pueden corregir defectos asociados con la falta de regularidad del perfil

longitudinal de la calzada. Por tal razón, no se permitirá la colocación del tratamiento, mientras no se garantice que la superficie de la capa sobre la cual se va a construir, cumpla los requisitos que se exigen sobre IRI en la especificación general o particular referente a dicha capa.

431.5.2.4 Modificación eventual de la extensión del lote

Si el Interventor considera que las deficiencias de calidad del producto terminado no son generalizadas en todo el lote definido según los criterios establecidos en el numeral 431.5.2.3.1, sino que se restringen a la superficie tratada por una sola carga del equipo empleado en la aplicación del ligante o del agregado, podrá modificar la extensión del "lote", limitándola al área construida con dicha carga.

431.6 MEDIDA

Rige lo pertinente del numeral 400.6 del Artículo 400, y en particular lo indicado en el numeral 400.6.1.

431.7 FORMA DE PAGO

Rige lo pertinente del numeral 400.7 del Artículo 400, y en particular lo indicado en el numeral 400.7.2.

431.8 ÍTEM DE PAGO

431.1 Tratamiento superficial doble con emulsión CRR-2	Metro cuadrado (m ²)
431.2 Tratamiento superficial doble con emulsión CRR-2 m	Metro cuadrado (m ²)

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

SELLO DE ARENA - ASFALTO**ARTÍCULO 432 – 13****432.1 DESCRIPCIÓN**

Este trabajo consiste en la aplicación de un material bituminoso sobre la superficie de un pavimento existente, seguida por la extensión y compactación de una capa de arena, de acuerdo con lo que establece esta especificación, los documentos del proyecto y las instrucciones del Interventor.

432.2 MATERIALES**432.2.1 Agregados pétreos**

Estarán constituidos por agregado fino que cumpla los requisitos generales del Artículo 400, numeral 400.2.1, y las exigencias particulares de calidad establecidas en la Tabla 432 - 1.

Tabla 432 - 1. Requisitos de los agregados para sellos de arena-asfalto

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO	
		NT-1	NT-2
Durabilidad (O)			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, máximo (%)	E-220	18	
Limpieza (F)			
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	NP	
Equivalente de arena, mínimo (%) (Nota 1)	E-133	50	
Valor de azul de metileno (si aplica), máximo (Nota 1)	E-235	10	
Geometría de las partículas (F)			
Angularidad de la fracción fina, mínimo (%)	E-239	45 %	
Adhesividad (O)			
Riedel Webber, mínimo	E-774	4	

Nota 1: En caso de que no se cumpla el valor mínimo de equivalente de arena señalado en la Tabla 432 - 1, el agregado se aceptará si el equivalente de arena es superior a 40 y, simultáneamente, el valor de azul de metileno, determinado mediante la norma de ensayo INV E-235, es inferior a diez (10).

Su gradación se deberá encontrar dentro de los límites indicados en la Tabla 432 - 2.

Tabla 432 - 2. Gradación para sellos de arena-asfalto

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)						
	9.5	4.75	2.36	1.15	0.600	0.300	0.150
	3/8"	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100
% PASA							
SAA - 10	100	95-100	80-100	50-85	25-60	10-30	2-10

432.2.2 Material bituminoso

Será una emulsión catiónica de rotura rápida del tipo CRR-2 o una emulsión de rotura rápida modificada con polímeros del tipo CRR-2m, que cumpla los requisitos de calidad indicados en los Artículos 411 o 415, según corresponda.

432.3 EQUIPO

Se aplica lo que sea pertinente del numeral 400.3 del Artículo 400.

Para la ejecución de sellos de arena-asfalto se requieren, básicamente, equipo para la explotación, elaboración y clasificación de agregados, para la limpieza de la superficie, distribuidor autopropulsado del material bituminoso, esparcidor mecánico de agregado pétreo, compactadores y herramientas menores.

Para la compactación se emplearán rodillos neumáticos de un peso superior a cinco toneladas (5 t), cuya presión de inflado de las llantas deberá tener la aprobación del Interventor. Todos los compactadores deberán ser autopropulsados y estar dotados de dispositivos para la limpieza de sus llantas durante la compactación, así como inversores de marcha suaves.

432.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

432.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el Artículo 105, numeral 105.13.3.

432.4.2 Dosificación del sello

Las cantidades por aplicar de material bituminoso y arena se definirán en el sitio de los trabajos en función del estado de la superficie por proteger, las condiciones ambientales de la región, la intensidad y magnitud del tránsito circulante y los resultados de la fase de experimentación y previo el cumplimiento de los requisitos indicados en el numeral 400.4.2 del Artículo 400.

La Tabla 432 - 3 presenta una guía para la dosificación inicial del sello arena-asfalto.

Tabla 432 - 3. Dosificación guía para sellos arena-asfalto

TIPO DE GRADACIÓN	DOSIFICACIÓN (l/m ²)	
	AGREGADOS	LIGANTE RESIDUAL
SAA – 10	3.5 a 7.0	0.5 a 1.0

432.4.3 Preparación de la superficie existente

Antes de aplicar el riego del material bituminoso, la superficie se deberá encontrar seca y libre de polvo, tierra o cualquier otra sustancia objetable.

Las reparaciones previas que requiera el pavimento, se deberán efectuar conforme lo indiquen las especificaciones correspondientes.

432.4.4 Aplicación del ligante bituminoso

Antes de la aplicación del ligante se marcará una línea guía en la calzada para controlar el paso del distribuidor y se señalará la longitud de la carretera que quedará cubierta, de acuerdo con la cantidad de emulsión asfáltica disponible en el distribuidor y la capacidad de extensión del esparcidor de agregados pétreos.

La dosificación elegida del ligante se aplicará de manera uniforme a una temperatura que corresponda a una viscosidad Saybolt-Furol comprendida entre veinticinco y cien segundos (25sSF a 100 sSF), evitando duplicaciones de dotación en las juntas transversales de trabajo, para lo cual se colocarán fajas de papel grueso, de ancho no menor a un

metro (1.0 m), bajo los difusores, en aquellas zonas donde comience o se interrumpa la aplicación.

Al comienzo de cada jornada de trabajo se deberá verificar la uniformidad del riego. Si fuere necesario, se calentarán las boquillas de irrigación antes de cada descarga. La bomba y la barra de distribución se deberán limpiar al final de la jornada.

Durante la aplicación del ligante se deberán proteger todos los elementos que señale el Interventor, tales como bordillos, vallas o árboles. En trabajos de prueba o de limpieza de los equipos, no se permitirá descargar el material bituminoso en zanjas o zonas próximas a la carretera.

No se permitirá ningún tipo de tránsito sobre el ligante aplicado.

432.4.5 Extensión del agregado pétreo

La extensión del agregado se realizará de manera uniforme, en la cantidad aprobada por el Interventor e inmediatamente después de la aplicación del ligante bituminoso. La distribución del agregado se hará de manera que se evite el tránsito del esparcidor sobre la capa del ligante sin cubrir. En el instante de la extensión, la humedad del agregado deberá ser tal, que no perjudique su adhesividad con el ligante bituminoso empleado.

Cuando el material bituminoso se aplique por franjas, el agregado se esparcirá de forma que quede sin cubrir una banda de quince a veinte centímetros (15 cm a 20 cm) de la zona tratada, aladaña a la zona que aún no ha recibido el riego, con el fin de completar en dicha banda la dosificación prevista del ligante al efectuar su aplicación en la franja adyacente.

Si el Interventor lo aprueba, el esparcimiento de la arena podrá ser manual con ayuda de palas.

432.4.6 Compactación

Las operaciones de compactación se realizarán con el compactador neumático y comenzarán inmediatamente después de la aplicación de la arena. En zonas en tangente, la compactación se iniciará por el borde exterior avanzado hacia el centro, traslapando cada pasada con la anterior. En curvas, se iniciará desde el borde inferior hacia el borde

superior, traslapando cada recorrido con el anterior de acuerdo con las instrucciones del Interventor.

432.4.7 Acabado, limpieza y eliminación de sobrantes

Una vez terminada la compactación y transcurrido el plazo necesario para que el ligante utilizado alcance la cohesión suficiente para resistir la acción normal del tránsito vehicular, se barrerá de manera enérgica la superficie del sello para eliminar todo exceso de arena que haya quedado suelto sobre la superficie, operación que deberá continuar aún después de que el tramo con el sello haya sido abierto al tránsito hasta eliminar completamente la arena suelta.

El material sobrante de esta operación deberá ser recogido por el Constructor, quien lo dispondrá en los sitios que autorice el Interventor.

432.4.8 Apertura al tránsito

Siempre que sea posible, se deberá evitar todo tipo de tránsito sobre el sello recién ejecutado durante las veinticuatro (24) horas siguientes a su terminación. Si ello no es factible, se deberán tomar medidas para que los vehículos no circulen a una velocidad superior a treinta kilómetros por hora (30 km/h).

432.4.9 Limitaciones en la ejecución

Por ningún motivo se permitirá la ejecución del tratamiento cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a cinco grados Celsius (5°C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

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

432.4.10 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

432.4.11 Reparaciones

Todos los defectos que se presenten durante la ejecución del sello, tales como juntas irregulares, defectos transversales en la aplicación del ligante o el agregado, irregularidades del alineamiento, etc., así como los que se deriven de un incorrecto control del tránsito recién terminados los trabajos, deberán ser corregidos por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones del Interventor, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

432.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

432.5.1 Controles

Rige todo lo que resulte aplicable del numeral 400.5.1 del Artículo 400.

432.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**432.5.2.1 Calidad de la emulsión**

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para la emulsión serán los establecidos en los Artículos 411 y 415, según corresponda.

432.5.2.2 Calidad del agregado

De cada procedencia del agregado y para cualquier volumen previsto se tomarán dos (2) muestras de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma INV E-201 y para cada fracción de ellas se realizarán los ensayos indicados en la Tabla 432 - 1, cuyos resultados deberán satisfacer, en su totalidad, las exigencias allí indicadas. Además, durante la etapa de producción, se efectuarán las verificaciones de calidad del agregado indicadas en la Tabla 432 - 4.

Tabla 432 - 4. Ensayos de verificación sobre el agregado para sellos de arena-asfalto

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza (F)		
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana
Valor de azul de metileno (Nota 1)	E-235	1 por semana
Geometría de las partículas (F)		
Angularidad de la fracción fina	E-239	1 por jornada
Adhesividad (O)		
Riedel Webber	E-774	1 por semana

Nota 1: En caso de que no se cumpla el valor mínimo de equivalente de arena señalado en la Tabla 432 - 1.

El Interventor podrá autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 432 - 4, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En ningún caso se permitirá el empleo de agregados pétreos que no satisfagan los requisitos pertinentes del numeral 432.2.1. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado insatisfactorio, se tomarán dos muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos de comprobación deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

432.5.2.3 Calidad del producto terminado

Se considerará como "lote" que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área que resulte de los siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500 m) de calzada con sello de arena-asfalto;

- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de sello de arena-asfalto;
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

En dicho lote, se efectuarán los controles indicados a continuación:

432.5.2.3.1 Tasa de aplicación

Las dosificaciones del asfalto y del agregado se comprobarán mediante las normas INV E-818 y 819 respectivamente, en no menos de cinco (5) puntos del área considerada como lote, ubicados al azar según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

Las tasas medias de aplicación de ligante residual (TML) y de agregados (TMA) por lote, no podrán variar en más de veinte por ciento (20%) de las autorizadas por el Interventor (TEL y TEA).

$0.8 \text{ TEL} \leq \text{TML} \leq 1.2 \text{ TEL}$	[432.1]
$0.8 \text{ TEA} \leq \text{TMA} \leq 1.2 \text{ TEA}$	[432.2]

Así mismo, ningún ensayo individual podrá presentar un resultado que varíe en más de veinte por ciento (20%) de la tasa de aplicación de ligante o agregados autorizada por el Interventor (TEL o TEA).

Si lo anterior no se cumple, se rechazará el lote, salvo que se demuestre que el área con dosificación por fuera de la tolerancia presentará un comportamiento satisfactorio y se garantice, en cualquier punto, un coeficiente de resistencia al deslizamiento igual o superior al especificado en el inciso siguiente.

En caso de que no se pueda demostrar que el área construida con dosificación por fuera de la tolerancia presentará un comportamiento satisfactorio, e independientemente de que se cumplan los requisitos de resistencia al deslizamiento, el sello de arena-asfalto correspondiente al lote controlado deberá ser levantado mediante fresado y repuesto a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. Si durante el proceso de remoción del sello se causa algún deterioro a la capa subyacente, ésta deberá ser reparada a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, antes de reponer el sello.

El material fresado será de propiedad del Constructor.

432.5.2.3.2 Resistencia al deslizamiento

Antes de la puesta en servicio del sello de arena-asfalto, se harán las determinaciones de la resistencia al deslizamiento. Debido a que ésta se encuentra relacionada directamente con la seguridad de los usuarios, los puntos para su determinación en cada lote no se elegirán al azar, sino que serán ubicados por el Interventor en los lugares que considere más sensibles al deslizamiento vehicular en condición de superficie húmeda.

Las medidas se realizarán con el péndulo británico, en acuerdo con la norma de ensayo INV E-792, en tres (3) puntos por lote en zonas en tangente y en uno (1) por cada curva horizontal y por cada zona singular (glorieta, intersección, zona de frenado, etc.) incluida dentro del lote y ninguna de ellas podrá presentar un valor inferior al límite indicado en la Tabla 432 - 5, de acuerdo con el tránsito de diseño y el tipo de sección.

Tabla 432 - 5. Valores mínimos admisibles del coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo británico

TIPO DE SECCIÓN	COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO, MÍNIMO	
	NT1	NT2
Secciones críticas: - Glorietas - Intersecciones - Zonas de frenado frecuente - Curvas con radio de curvatura < 200 m - Tramos con pendiente > 5 % y longitud ≥ 100 m	0.50	0.55
Otras secciones	0.45	0.50

La resistencia al deslizamiento se puede verificar también con dispositivos de rueda parcialmente bloqueada (norma de ensayo INV E-815). En tal caso, la especificación particular indicará el equipo autorizado, así como los valores mínimos por alcanzar, los cuales deberán ser, cuando menos, equivalentes a los señalados en la Tabla 432 - 5 para el péndulo británico

En caso de que se presenten valores menores, el Interventor realizará medidas adicionales para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

432.5.2.3.3 Regularidad superficial

Debido a sus características y limitado espesor, los sellos de arena-asfalto no pueden corregir defectos asociados con la falta de regularidad del perfil longitudinal de la calzada. Por tal razón, no se permitirá la colocación del sello, mientras no se garantice que la superficie de la capa sobre la cual se va a construir, cumpla los requisitos que se exigen

sobre IRI en la especificación general o particular referente a dicha capa.

432.5.2.4 Modificación eventual de la extensión del lote

Si el Interventor considera que las deficiencias de calidad del producto terminado no son generalizadas en toda el área correspondiente a un lote, sino que se restringen a la superficie tratada por una sola carga del equipo empleado en la aplicación del ligante o del agregado, podrá modificar la extensión del “lote”, limitándola al área construida con dicha carga.

432.6 MEDIDA

Rige lo pertinente del numeral 400.6 del Artículo 400, y en particular lo indicado en el numeral 400.6.1.

432.7 FORMA DE PAGO

Rige lo pertinente del numeral 400.7 del Artículo 400, y en particular lo indicado en el numeral 400.7.2.

432.8 ÍTEM DE PAGO

432.1 Sello de arena-asfalto con emulsión CRR-2	Metro cuadrado(m ²)
432.2 Sello de arena-asfalto con emulsión CRR-2m	Metro cuadrado(m ²)

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

LECHADA ASFÁLTICA

ARTÍCULO 433 – 13

433.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la elaboración de una mezcla de agregados pétreos, agua, emulsión asfáltica de rotura lenta, convencional o modificada con polímeros, llenante mineral y, eventualmente, aditivos, sobre la superficie de una vía, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, cotas y secciones indicados en los planos o determinados por el Interventor.

433.2 MATERIALES

433.2.1 Agregados pétreos y llenante mineral

433.2.1.1 Requisitos generales

Los agregados pétreos y el llenante mineral deberán cumplir los requisitos generales del Artículo 400, numeral 400.2.1, y los requisitos particulares de la Tabla 433 - 1.

Tabla 433 - 1. Requisitos de los agregados para lechadas asfálticas

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO		
		NT-1	NT-2	NT-3
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%)	E-218	25	25	25
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	25	20
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, máximo (%)	E-220	18	18	18
Limpieza, gradación combinada (F)				
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	NP	NP	NP
Equivalente de arena, mínimo (%) (Nota 1)	E-133	50	50	50
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 1)	E-235	10	10	10
Geometría de las partículas, agregado fino (F)				
Angularidad de la fracción fina, método A, mínimo (%)	E-239	45	45	45
Adhesividad (O)				
Riedel Webber, mínimo	E- 774	4	4	4

Nota 1: El equivalente de arena será el del agregado finalmente obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones, según las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo y antes de la incorporación del llenante mineral de aporte. En caso de que no se cumpla el valor mínimo de equivalente de arena señalado en la Tabla 433 - 1, el agregado se aceptará si su equivalente de arena es superior a 40 y, simultáneamente, el valor de azul de metileno, determinado mediante la norma de ensayo INV E-235, es inferior a diez (10).

433.2.1.2 Agregado fino

El agregado fino deberá proceder en su totalidad de la trituración de piedra de cantera o de grava natural, o parcialmente de fuentes naturales de arena. La proporción de arena natural no podrá exceder del veinticinco por ciento (25 %) de la masa total del agregado combinado.

433.2.1.3 Llenante mineral

El llenante mineral incluido en los agregados se podrá complementar o suplir con un producto comercial o especialmente preparado, generalmente cal o cemento, cuya misión sea controlar el proceso de rotura de la emulsión o activar la consecución de la cohesión de la lechada asfáltica. Deberá cumplir con lo indicado en la Tabla 433 - 2.

Tabla 433 - 2. Requisitos del llenante mineral

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	VALOR
Densidad bulk (g/cm ³)	E-225	0.5 a 1.1

433.2.1.4 Granulometría

La mezcla de agregados y llenante se deberá ajustar a alguna de las gradaciones que se indican en la Tabla 433 - 3. La gradación por utilizar estará indicada en los estudios técnicos del proyecto y dependerá del estado de la superficie y de la función que vaya a cumplir la lechada.

433.2.2 Material bituminoso

Será una emulsión catiónica convencional, de rotura lenta y superestable del tipo CRL1-h, que cumpla los requisitos indicados en Artículo 411, o una emulsión modificada con polímeros, catiónica de rotura lenta y superestable del tipo CRL1-hm, que cumpla los requisitos indicados en el Artículo 415.

Los documentos técnicos del proyecto indicarán el tipo de emulsión por emplear.

Tabla 433 - 3. Gradaciones del agregado para lechadas asfálticas

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)									
	12.5	9.5	4.75	2.36	1.15	0.60	0.30	0.18	0.075	
	1/2"	3/8"	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 80	No.200	
% PASA										
LA – 13	100	85-100	60-85	40-60	28-45	19-34	12-25	7-18	4-8	
LA – 10	-	100	70-90	45-70	28-50	19-34	12-25	7-18	5-11	
LA – 5	-	100	85-100	65-90	45-70	30-50	18-30	10-20	5-15	
LA – 3	-	-	100	95-100	65-90	40-60	24-42	15-30	10-20	
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	4 %			3 %					1 %	

433.2.3 Agua

El agua para la preenvuelta deberá ser limpia y libre de materia orgánica. Su calidad deberá ser tal, que no afecte el proceso normal de elaboración, rotura y curado de la lechada. Puede ser agua potable; si no lo es, deberá cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 433 - 4.

Tabla 433 - 4. Requisitos del agua no potable para la construcción lechadas asfálticas

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

433.2.4 Aditivos para control de rotura

Cuando las características del proyecto exijan un control especial de los tiempos de rotura y apertura al tránsito, se emplearán aditivos cuyas características se definirán en las especificaciones particulares de construcción. Su dosificación y modo de dispersión deberán contar con el visto bueno del Interventor.

433.2.5 Aditivos para modificar la reología

En caso de incorporar productos modificadores de la reología de una lechada asfáltica elaborada con emulsión asfáltica convencional, fibras por ejemplo, los estudios técnicos del proyecto determinarán su dosificación, así como la del ligante utilizado, de manera que el comportamiento de la lechada sea semejante al que se obtendría al emplear una emulsión modificada con polímeros.

433.3 EQUIPO

Aplica lo que sea pertinente del numeral 400.3 del Artículo 400.

El equipo deberá incluir los elementos necesarios para la explotación, elaboración y clasificación de agregados, una mezcladora móvil autopropulsada para la fabricación y extensión de la lechada; elementos para la limpieza de la superficie, elementos para el humedecimiento de la superficie y herramientas menores para correcciones localizadas durante la extensión de la lechada.

La mezcladora móvil será de tipo continuo, dotada de las tolvas, tanques y dispositivos necesarios, sincronizados para dosificar los agregados, el llenante, el agua, la emulsión y los aditivos que requiera la lechada, de manera que permita obtener la composición correspondiente a la fórmula de trabajo; tendrá, además, un mezclador y una caja repartidora o rastra provista de dispositivos para evitar pérdidas laterales y de una maestra regulable de caucho que permita el correcto reparto, extensión y buena terminación de la lechada. La rastra deberá llevar en su interior un dispositivo que reparta uniformemente la lechada asfáltica ante la maestra.

El mezclador de la máquina deberá ser de doble eje y de paletas múltiples, siempre que la lechada se elabore con una emulsión asfáltica modificada con polímeros.

433.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

433.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el Artículo 105, numeral 105.13.3.

433.4.2 Diseño de la lechada y obtención de la fórmula de trabajo

Rige todo lo que resulte pertinente del numeral 400.4.2 del Artículo 400.

La consistencia apropiada de la lechada se determinará en el laboratorio por medio de la prueba del cono de consistencia (norma de ensayo INV E-777).

El contenido óptimo de ligante se determinará mediante los ensayos mecánicos de abrasión en pista húmeda, según la norma de ensayo INV E-778 y absorción de arena en la máquina de rueda cargada, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-779. Para la elección del contenido óptimo, se tendrán en cuenta los criterios indicados en la Tabla 433 - 5.

Salvo que los ensayos del diseño indiquen lo contrario, la composición de la lechada se ajustará a lo establecido en la Tabla 433 - 6.

La lechada asfáltica no se podrá fabricar a escala industrial, mientras el Interventor no haya aprobado la fórmula de trabajo y realizado las verificaciones correspondientes en la fase de experimentación.

Tabla 433 - 5. Criterios para el diseño de lechadas asfálticas

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INV	VALOR MÁXIMO
Pérdida en el ensayo de abrasión en pista húmeda	E-778	0.065 g/cm ²
Absorción de arena en la máquina de rueda cargada:		1 por semana
Tránsito medio diario (vehículos):	E-779	
- Menos de 300		0.08 g/cm ²
- De 300 a 1500		0.07 g/cm ²
- Más de 1500		0.06 g/cm ²

433.4.3 Preparación de la superficie existente

Antes de proceder a la aplicación de la lechada asfáltica, la superficie que habrá de recibirla se limpiará de polvo, barro seco o cualquier material suelto que pueda ser perjudicial, utilizando barredoras mecánicas o máquinas sopladoras. Sólo se permitirá el uso de escobas manuales en lugares inaccesibles a los equipos mecánicos o donde las autoridades ambientales prohíban el uso de éstos.

Si la superficie sobre la cual se va a aplicar la lechada corresponde a un pavimento asfáltico, se deberán eliminar previamente, mediante fresado, todos los excesos de ligante que puedan existir y se repararán todos los desperfectos que puedan impedir una correcta adherencia de la lechada asfáltica.

Tabla 433 - 6. Composición de las lechadas asfálticas

COMPOSICIÓN	TIPO DE GRADACIÓN			
	LA-13	LA-10	LA-5	LA-3
Ligante residual (% en masa sobre agregados)	5.5 a 7.5	6.5 a 12	7.0 a 13	10 a 15
Agua de preenvuelta (% en masa sobre agregados)	8 a 12	10 a 15	10 a 15	10 a 20
Agua total (% en masa sobre agregados)	10 a 20	10 a 20	10 a 20	10 a 30
Cantidad de lechada (kg/m ²)	15 a 20	10 a 15	7 a 12	4 a 8
Capa en que se aplica	2 ^a o única		cualquiera	1 ^a o única

433.4.4 Fase de experimentación

Aplica lo indicado en el numeral 400.4.3 del Artículo 400.

433.4.5 Elaboración y aplicación de la lechada asfáltica

Una vez preparada y antes de iniciar la extensión de la lechada, la superficie por tratar deberá ser humedecida con agua de manera uniforme en una cantidad que se fijará en acuerdo con el Interventor, a la vista del estado de la superficie y las condiciones climatológicas prevalecientes.

Las proporciones de los componentes de la lechada deberán corresponder a la fórmula de trabajo aprobada.

La incorporación de los ingredientes se hará de manera que la envuelta de los agregados por parte del ligante sea completa y homogénea mientras la lechada permanezca en el cajón mezclador.

La lechada preparada en el cajón mezclador de la máquina pasará a través de una compuerta vertedero a la caja repartidora, la cual se encargará de distribuirla de manera uniforme sobre la superficie.

El avance del equipo se hará paralelamente al eje de la carretera y su velocidad se ajustará para garantizar una aplicación correcta de la lechada y una textura uniforme.

El espesor de puesta en obra de la lechada no deberá exceder el correspondiente al tamaño máximo nominal del agregado pétreo empleado en su elaboración.

433.4.6 Juntas de trabajo

Las juntas de trabajo longitudinales no podrán presentar traslapos ni áreas sin cubrir y las acumulaciones que se produzcan serán alisadas manualmente de manera inmediata, antes de la rotura de la emulsión. Al finalizar la extensión de una franja, se realizará una junta transversal de trabajo, la cual deberá ser recta y perpendicular al eje de la vía. Los traslapos de las juntas transversales deberán ser alisados antes de la rotura de la emulsión, de modo que no se presenten cambios apreciables en la uniformidad de la superficie.

433.4.7 Aplicación en varias capas

En caso de estar prevista una segunda aplicación de lechada asfáltica, ésta no se podrá efectuar hasta cuando haya curado por completo el material extendido en la primera aplicación y haya sido sometido al tránsito automotor al menos durante un (1) día. El material que se desprenda deberá ser barrido antes de proceder a la aplicación de la segunda capa.

Las juntas longitudinales y transversales de la segunda capa no deberán coincidir con las de la primera.

433.4.8 Apertura al tránsito

Se deberá impedir la circulación de todo tipo de tránsito sobre las capas que no hayan curado completamente. El tiempo requerido para dicho curado depende del tipo de emulsión, de las características de la mezcla y de las condiciones climáticas y será definido en la obra por el Interventor.

433.4.9 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la elaboración y aplicación de la lechada si la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie son inferiores a cinco grados Celsius (5° C) o haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra.

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

433.4.10 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

433.4.11 Reparaciones

Todos los defectos que se presenten durante la ejecución de la lechada asfáltica, tales como juntas irregulares, deficiencias o excesos de dosificación, irregularidades en el alineamiento, huellas del tránsito sobre la lechada sin curar, etc., deberán ser corregidos por el Constructor, sin costo para el Instituto Nacional de Vías, a plena satisfacción del Interventor.

433.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

433.5.1 Controles

Rige lo indicado en el numeral 400.5.1 del Artículo 400.

433.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

433.5.2.1 Calidad de la emulsión

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para la emulsión serán los establecidos en los Artículos 411 o 415, según corresponda.

433.5.2.2 Calidad del agua

Siempre que el Interventor tenga alguna sospecha en relación con la calidad del agua empleada, verificará su pH y su contenido de sulfatos, cuyos valores deberán ser acordes con lo exigido en el numeral 433.2.3, para permitir su empleo.

433.5.2.3 Calidad de los agregados pétreos y el llenante mineral

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deberán realizar los ensayos que sean pertinentes de aquellos que se encuentran indicados en la Tabla 433 - 1.

Así mismo, para cada procedencia del llenante mineral y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y sobre ellas se determinará la densidad bulk (norma de ensayo INV E-225).

Los resultados de todas estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 433.2.1. Todos los materiales defectuosos serán rechazados por el Interventor.

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se retirarán agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, se acopiarán por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas y plasticidad, y se vigilará la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, efectuará las verificaciones de calidad de los agregados indicadas en la Tabla 433 - 7. Sobre el llenante mineral se efectuarán pruebas de densidad bulk (norma de ensayo INV E-225) a razón de una (1) vez por semana, como mínimo, y siempre que se cambie la procedencia del llenante.

El Interventor podrá autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 433 - 7, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En ningún caso se emplearán agregados o llenante que no satisfagan los requisitos pertinentes del numeral 433.2.1. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado insatisfactorio, se tomarán dos muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos de comprobación deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

Tabla 433 - 7. Ensayos de verificación sobre los agregados para lechadas asfálticas

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza, gradación combinada (F)		
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana
Valor de azul de metileno (Nota 1)	E-235	1 por semana
Geometría de las partículas, agregado fino (F)		
Angularidad de la fracción fina, método A	E-239	1 por jornada
Adhesividad (O)		
Riedel Webber	E-774	1 por semana

Nota 1: En caso de que no se cumpla el valor mínimo de equivalente de arena señalado en la Tabla 433 - 1.

433.5.2.4 Composición y resistencia de la lechada

433.5.2.4.1 Contenido de asfalto

Para efectos del control, se considerará como lote que se aceptará o rechazará en su totalidad, la

lechada asfáltica correspondiente a dos (2) cargas de la máquina mezcladora. De ella, se extraerá un mínimo de cinco (5) muestras de la mezcla en la descarga de la máquina, de una masa aproximada de dos kilogramos (2 kg) cada una, las cuales se emplearán en la determinación del contenido de asfalto (norma de ensayo INV E-732) y la granulometría de los agregados (norma de ensayo INV E-782).

El contenido medio de asfalto residual del tramo constituido por el lote (ART %) no deberá diferir del contenido de asfalto establecido en la fórmula de trabajo (ARF %) en más de medio por ciento (0.5 %).

$$(ARF\% - 0.5\%) \leq ART\% \leq (ARF\% + 0.5\%)$$

[433.1]

A su vez, sólo se admitirá un valor de contenido de asfalto residual de muestra individual (ARI %) que se aparte en más de uno por ciento (1.0 %) del valor medio del lote.

$$(ART\% - 1.0\%) \leq ARI\% \leq (ART\% + 1.0\%)$$

[433.2]

Si alguno de estos requisitos se incumple, se rechazará el lote. En este caso, la lechada asfáltica correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. Si durante el proceso de remoción de la lechada se causa algún deterioro a la capa subyacente, ésta deberá ser reparada a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, antes de reponer la lechada. El material fresado será de propiedad del Constructor.

433.5.2.4.2 Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados según la norma de ensayo INV E-782. La curva granulométrica, en cada ensayo individual, deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada y estar ajustada a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la Tabla 433 - 3. No se permitirá que la curva se salga de los límites de dicha franja.

Cuando los valores obtenidos incumplan los requisitos establecidos en la Tabla 433 - 3, pero no salgan de la franja, el Constructor deberá preparar una lechada con la gradación defectuosa y el porcentaje de emulsión que dé lugar al contenido medio de asfalto residual de la lechada elaborada con este agregado. Ella se someterá a las pruebas de resistencia y absorción mencionadas en el numeral 433.4.2 de esta especificación. En caso de no cumplir los requisitos exigidos por dichas pruebas, se rechazará el lote.

En caso de rechazo, la lechada asfáltica correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. Si durante el proceso de remoción de la lechada se causa algún deterioro a la capa subyacente, ésta deberá ser reparada a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, antes de reponer la lechada. El material fresado será de propiedad del Constructor.

433.5.2.4.3 Resistencia

Por cada lote se extraerán dos (2) muestras de la mezcla en la descarga de la máquina (una de cada carga que constituye el lote), con las cuales se elaborarán probetas para los ensayos de abrasión en

pista húmeda (norma de ensayo INV E-778) y absorción de arena en la máquina de rueda cargada (norma de ensayo INV E-779).

El desgaste medio (d_m) y la absorción media de arena (A_m), no deberán superar los valores definidos en la fórmula de trabajo (d_t) y (A_t) en más de veinte por ciento (20 %). En caso contrario, se rechazará el lote.

$d_m \leq 1.2 d_t$	[433.3]
--------------------	---------

$A_m \leq 1.2 A_t$	[433.4]
--------------------	---------

En caso de rechazo, la lechada asfáltica correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. Si durante el proceso de remoción de la lechada se causa algún deterioro a la capa subyacente, ésta deberá ser reparada a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, antes de reponer la lechada. El material fresado será de propiedad del Constructor.

433.5.2.5 Calidad del producto terminado

El pavimento terminado se deberá ajustar a las rasantes y pendientes establecidas y presentar una superficie uniforme. La distancia entre el eje del proyecto y el borde del pavimento tratado con lechada asfáltica no podrá ser, en ningún punto, inferior a la señalada en los planos o la determinada por el Interventor.

Para cada lote, se realizarán los siguientes controles:

433.5.2.5.1 Tasa de aplicación

La dotación de la lechada se verificará mediante el pesaje de bandejas metálicas u hojas de papel

resistente, colocadas durante la aplicación de la lechada, en no menos de cinco (5) puntos del área considerada como lote, ubicados al azar según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

La tasa media de aplicación (TMA), en kg/m^2 , no podrá variar en más de quince por ciento (15 %) de la autorizada como resultado de la fase de experimentación (TME), so pena del rechazo del tramo que constituye el lote.

$$0.85 \text{ TME} \leq \text{TMA} \leq 1.15 \text{ TME}$$

[433.5]

En caso de rechazo, la lechada asfáltica correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. Si durante el proceso de remoción de la lechada se causa algún deterioro a la capa subyacente, ésta deberá ser reparada a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, antes de reponer la lechada. El material fresado será de propiedad del Constructor.

433.5.2.5.2 Textura

Por cada lote se deberán efectuar, como mínimo, tres (3) pruebas de profundidad de textura con el círculo de arena (INV E-791). Las pruebas se realizarán dentro de los quince (15) días siguientes a la extensión de la lechada.

Ningún valor de la profundidad de textura podrá ser inferior en más de veinte por ciento (20 %) al promedio mínimo exigido en la Tabla 433 - 8.

El incumplimiento de este requisito implicará el rechazo del lote representado por los ensayos. En tal caso, la lechada deberá ser levantada mediante

fresado y repuesta con una adecuada, por cuenta del Constructor, a plena satisfacción del Interventor y sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías. Si durante el proceso de remoción de la lechada se causa algún deterioro a la capa subyacente, ésta deberá ser reparada a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, antes de reponer la lechada.

Tabla 433 - 8. Valores promedio de la profundidad de textura mínimos admisibles para las lechadas asfálticas

CARACTERÍSTICA	TIPO DE LECHADA			
	LA-13	LA-10	LA-5	LA-3
Profundidad de textura, mínimo (mm)	1.1	0.9	0.7	0.5

433.5.2.5.3 Resistencia al deslizamiento

Por cada lote se deberán efectuar, como mínimo, tres (3) ensayos de resistencia al deslizamiento de conformidad con la norma de ensayo INV E-792. Tales ensayos se deberán realizar una vez transcurridos treinta (30) días desde la aplicación de la lechada.

Los valores promedio de la resistencia al deslizamiento con el péndulo británico no podrán ser menores que los mínimos admisibles relacionados en la Tabla 433 - 9. Ningún valor individual del coeficiente de resistencia al deslizamiento podrá ser inferior al valor indicado en dicha tabla en más de diez centésimas (0.10) ni ser inferior a 0.45.

El incumplimiento de este requisito implicará el rechazo del lote representado por los ensayos. En tal caso, la lechada deberá ser levantada mediante fresado y repuesta con una adecuada, por cuenta del Constructor, a plena satisfacción del Interventor y sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías. Si durante el proceso de remoción de la lechada se causa algún deterioro a la capa subyacente, ésta deberá ser reparada a satisfacción del Interventor,

sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, antes de reponer la lechada. El material fresado será de propiedad del Constructor.

Tabla 433 - 9. Resistencia al deslizamiento con el péndulo británico para las lechadas asfálticas

CARACTERÍSTICA	TIPO DE LECHADA			
	LA-13	LA-10	LA-5	LA-3
Promedio del coeficiente de resistencia, mínimo:				
- Glorietas; curvas con radios menores de 200 metros; pendientes $\geq 5\%$ en longitudes de 100 metros o más; intersecciones; zonas de frenado frecuente:				
- NT1	0.55		0.50	0.50
- NT2	0.60		0.60	0.55
- NT3	0.60		0.60	0.60
- Otras secciones				
- NT1	0.50		0.45	0.45
- NT2	0.60		0.55	0.50
- NT3	0.60		0.55	0.55

433.5.2.5.4 Regularidad superficial

Debido a sus características y limitado espesor, las lechadas asfálticas no pueden corregir defectos asociados con la falta de regularidad del perfil longitudinal de la calzada. Por tal razón, no se permitirá la colocación de la lechada, mientras no se garantice que la superficie de la capa sobre la cual se va a construir cumpla los requisitos que se exigen sobre IRI en la especificación general o particular referente a dicha capa.

433.5.2.6 Modificación eventual de la extensión del lote

Si el Interventor considera que las deficiencias de calidad del producto terminado no son generalizadas en toda el área considerada como lote en el numeral 433.5.2.4.1, sino que se restringen a la superficie tratada por una sola carga del

equipo empleado en la aplicación de la lechada, podrá modificar la extensión del “lote”, limitándola al tramo construido con dicha carga.

433.6 MEDIDA

Rige lo pertinente del numeral 400.6 del Artículo 400 y, en particular, lo indicado en el numeral 400.6.1.

433.7 FORMA DE PAGO

Rige lo pertinente del numeral 400.7 del Artículo 400 y, en particular, lo indicado en el numeral 400.7.2.

433.8 ÍTEM DE PAGO

433.1	Lechada asfáltica con emulsión CRL-1h, tipo LA-13	Metro cuadrado (m2)
433.2	Lechada asfáltica con emulsión CRL-1h, tipo LA-10	Metro cuadrado (m2)
433.3	Lechada asfáltica con emulsión CRL-1h, tipo LA-5	Metro cuadrado (m2)
433.4	Lechada asfáltica con emulsión CRL-1h, tipo LA-3	Metro cuadrado (m2)
433.5	Lechada asfáltica con emulsión CRL-1hm, tipo LA-13	Metro cuadrado (m2)
433.6	Lechada asfáltica con emulsión CRL-1hm, tipo LA-10	Metro cuadrado (m2)
433.7	Lechada asfáltica con emulsión CRL-1hm, tipo LA-5	Metro cuadrado (m2)
433.8	Lechada asfáltica con emulsión CRL-1hm, tipo LA-3	Metro cuadrado (m2)

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

MEZCLA DENSA EN FRÍO

ARTÍCULO 440 – 13

440.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la elaboración, transporte, colocación y compactación de una mezcla asfáltica densa, preparada en frío, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos o determinados por el Interventor.

La Tabla 440 - 1 presenta la denominación de las capas asfálticas en función de su posición dentro de la estructura del pavimento. Los documentos del proyecto establecerán los tipos y calidades de las capas asfálticas que componen la estructura.

Tabla 440 - 1. Denominación de las capas asfálticas de mezclas asfálticas densas en frío

TIPO	DESCRIPCIÓN
Rodadura	Capa superior
Intermedia	Capa subyacente a la rodadura, en estructuras con 2 o más capas asfálticas
Base	Capa o capas subyacentes a la intermedia, en estructuras con 3 o más capas asfálticas

440.2 MATERIALES

440.2.1 Agregados pétreos y llenante mineral

440.2.1.1 Requisitos generales

Los agregados pétreos y el llenante mineral deberán satisfacer los requisitos generales del Artículo 400, numeral 400.2.1. Además, deberán cumplir con los requisitos específicos de la Tabla 440 - 2.

Tabla 440 - 2. Requisitos de los agregados para mezclas asfálticas densas en frío

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO		
		NT-1	NT-2	NT-3
Dureza, agregado grueso (O)				
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%) - Capa de: rodadura / intermedia / base	E-218	25 / 35/-	25 / 35 / 35	25 / 35 / 35
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%) - Capa de: rodadura / intermedia / base	E-238	-	25 / 30 / 30	20 / 25 / 25
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos, capa de: rodadura / intermedia / base - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínimo (%)	E-224	-	-	110/90/75 75/75/75
Coefficiente de pulimiento acelerado para rodadura, mínimo	E-232	0.45	0.45	0.45
Durabilidad (O)				
- Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, agregados fino y grueso, máximo (%)	E-220	18	18	18
Limpieza, agregado grueso (F)				
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	E-237	0.5	0.5	0.5
Limpieza, gradación combinada (F)				
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	NP	NP	NP
Equivalente de arena, mínimo (%) (Nota 1)	E-133	50	50	50
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 1)	E-235	10	10	10
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)				
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%)	E-240	10	10	10
Caras fracturadas, mínimo (%) - Una cara: rodadura / intermedia / base - Dos caras: rodadura / intermedia / base	E-227	75 / 60 / - - / - / -	75/75 / 60 60 / - / -	85 / 75 / 60 70 / - / -
Geometría de las partículas, agregado fino (F)				
Angularidad de la fracción fina, método A, mínimo (%) - Capa de: rodadura / intermedia / base	E-239	40 / 35 / -	45/40 / 35	45/40/35
Adhesividad (O)				
- Agregado grueso: Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo (%) Agregado fino: adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método Riedel-Weber), índice mínimo	E-757 E-774	Reportar 4		

Nota 1: El equivalente de arena será el del agregado finalmente obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones (incluido el llenante mineral), según las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo. En caso de que no se cumpla el valor mínimo señalado en la tabla, el agregado se aceptará si su equivalente de arena es superior a 40 % y, simultáneamente, el valor de azul de metileno, determinado mediante la norma de ensayo INV E- 235, es inferior a diez (10).

440.2.1.2 Agregado grueso

El agregado grueso deberá proceder de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables.

Estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan impedir la adhesión completa del asfalto.

440.2.1.3 Agregado fino

El agregado fino deberá proceder en su totalidad de la trituración de piedra de cantera o de grava natural, o parcialmente de fuentes naturales de arena. La proporción de arena natural no podrá exceder los valores indicados en la Tabla 440 - 3.

Tabla 440 - 3. Proporción de arena natural en el agregado para mezclas asfálticas densas en frío

CARACTERÍSTICA	NT1	NT2	NT3
Proporción de arena natural: % de la masa total del agregado combinado	≤ 25	≤ 25	≤ 15
Proporción de arena natural: % de la masa total del agregado fino	≤ 50		

440.2.1.4 Llenante mineral

El llenante mineral podrá provenir de los procesos de trituración de los agregados pétreos o podrá ser de aporte como producto comercial, generalmente cal hidratada o cemento hidráulico. Deberá cumplir con los requisitos mencionados en la Tabla 440 - 4.

Tabla 440 - 4. Requisitos del llenante mineral

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NT1	NT2	NT3
Granulometría del llenante mineral de aporte: - % que pasa tamiz 0.425 mm (No. 40) - % que pasa tamiz 0.150 mm (No. 100) - % que pasa tamiz 0.075 mm (No. 200)	E-215		100 > 90 > 75	
Densidad bulk (g/cm ³)	E-225		0.5 a 0.8	
Vacíos del llenante seco compactado (%)	E-229	-	≥ 38	

La proporción de llenante mineral de aporte se fijará en las especificaciones particulares del proyecto.

440.2.1.5 Granulometría

La granulometría del agregado obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones, incluido el llenante mineral, deberá estar comprendida dentro de alguna de las franjas fijadas en la Tabla 440 - 5. El análisis granulométrico se deberá efectuar de acuerdo con la norma de ensayo INV E-213.

Tabla 440 - 5. Franjas granulométricas para mezclas asfálticas densas en frío

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)									
	37.5	25.0	19.0	12.5	9.5	4.75	2.36	0.300	0.075	
	1 ½"	1"	¾"	½"	3/8"	No. 4	No. 8	No. 50	No. 200	
	% PASA									
MDF-38	100	80-95	-	62-77	-	45-60	35-50	13-23	3-8	
MDF-25	-	100	80-95	-	60-75	47-62	35-50	13-23	3-8	
MDF-19	-	-	100	80-95	-	50-65	35-50	13-23	3-8	
TOLERANCIAS EN PRODUCCIÓN SOBRE LA FÓRMULA DE TRABAJO (±)	4 %							3 %		1 %

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el Constructor

deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme, sensiblemente paralela a los límites de la franja por utilizar, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior del tamiz adyacente y viceversa.

El tipo de gradación por emplear dependerá del tipo y del espesor que vaya a tener la capa compactada y se definirá en los documentos del proyecto, siguiendo los criterios de la Tabla 440 - 6.

Tabla 440 - 6. Tipo de gradación por utilizar en función del tipo y espesor compacto de la capa

TIPO DE CAPA	ESPEJOR COMPACTO (mm)	TIPO DE MEZCLA
Rodadura	50-75	MDF-25
	40-50	MDF-19
Intermedia	≥ 50	MDF-25
Base	≥ 75	MDF-38

En el caso de bacheos, el tipo de gradación por emplear dependerá de las características de las capas existentes y se definirá en los documentos del proyecto.

440.2.2 Material bituminoso

Será una emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta, de los tipos CRL-1 o CRL-1h, que cumpla los requisitos de calidad establecidos en el Artículo 411 y que sea compatible con los agregados pétreos por emplear.

440.2.3 Agua

El agua por emplear en la elaboración de mezclas densas en frío deberá ser limpia y libre de materia orgánica y otras sustancias perjudiciales. Puede ser agua potable; si no lo es, deberá cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 440 - 7.

Tabla 440 - 7. Requisitos del agua no potable para la construcción mezclas densas en frío

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO ASTM	REQUISITO
pH	D 1293	5.5 - 8.0

Contenido de sulfatos, expresado como SO_4^- , g/l máximo	D 516	1.0
--	-------	-----

440.2.4 Aditivos mejoradores de adherencia entre los agregados y el asfalto

Cuando se requieran, se deberán ajustar a lo descrito en el Artículo 412 de las presentes especificaciones. La dosificación y la dispersión homogénea del aditivo deberán tener la aprobación del Interventor.

440.3 EQUIPO

Los principales elementos requeridos para la ejecución de los trabajos, son los siguientes:

- Equipo para la elaboración de agregados triturados;
- Planta mezcladora fija o móvil;
- Equipo para el transporte de agregados y mezclas;
- Equipo para transferencia de la mezcla (Shuttle buggy), opcional;
- Pavimentadora autopropulsada para la extensión de la mezcla;
- Equipo de compactación;
- Equipo accesorio.

En relación con el equipo, rige lo que resulte aplicable de lo indicado en el numeral 400.3 del Artículo 400. A continuación se mencionan algunos aspectos adicionales:

440.3.1 Equipo de compactación

Se deberán utilizar compactadores autopropulsados de rodillos metálicos, estáticos o vibratorios, triciclos o tándem y de neumáticos. El equipo de compactación será aprobado por el Interventor, a la vista de los resultados obtenidos en la fase de experimentación.

440.3.2 Equipo accesorio

En caso de que la mezcla se elabore en plantas ambulantes, se deberá disponer de vehículos adecuados para el suministro permanente de agregados, agua y emulsión a las plantas.

440.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**440.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados**

Rige lo establecido en el Artículo 105, “Desarrollo y control de los trabajos”, numeral 105.13.3.

440.4.2 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo**440.4.2.1 Generalidades**

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

440.4.2.2 Diseño de la mezcla

Las mezclas asfálticas densas en frío se diseñarán por resistencia a la compresión, siguiendo los pasos descritos en la Tabla 440 - 8.

Tabla 440 - 8. Pasos para el diseño de las mezclas asfálticas densas en frío

PASOS	DESCRIPCIÓN	NUMERAL
Diseño preliminar	- Contenido de agua de preenvuelta - Contenido de ligante - Humedad de compactación	440.1.2.2.1
Diseño por resistencia	- Prueba de inmersión-compresión	440.1.2.2.2
Verificación del diseño por resistencia (capas de rodadura con tránsito NT-3)	- Ahuellamiento	440.1.2.2.3

440.4.2.2.1 Diseño preliminar

Los contenidos de agua de preenvuelta y de ligante se deberán fijar en función de los materiales por emplear, basándose principalmente en la experiencia obtenida en casos análogos. Adicionalmente, se deberán hacer las determinaciones indicadas en la Tabla 440 - 9.

Tabla 440 - 9. Determinaciones para el diseño preliminar de mezclas asfálticas densas en frío

PARÁMETRO	NORMA DE ENSAYO INV	COMENTARIOS
Humedad de compactación	E-142	Se determina la humedad óptima
Contenido óptimo teórico de ligante, utilizando métodos basados en la superficie específica de los agregados	E-741	Con la norma se determina la superficie específica del agregado y se aplica una constante de riqueza apropiada

440.4.2.2.2 Diseño por resistencia

Se elaborarán mezclas con diferentes contenidos de ligante por encima y por debajo del óptimo teórico (al menos 4 contenidos de ligante), para someterlas al ensayo de inmersión-compresión. El contenido óptimo de ligante se determinará aplicando los criterios mencionados en la Tabla 440 - 10.

Tabla 440 - 10. Criterios de resistencia para la determinación del contenido óptimo de ligante

PARÁMETRO	NORMA DE ENSAYO INV	VALOR
Resistencia seca R_s , mínimo (MPa)	E-622	2.5
Resistencia húmeda R_h , mínimo (MPa)		2.0
Resistencia conservada $R_c=R_h/R_s$, mínimo (%)		75

440.4.2.2.3 Verificación del diseño por resistencia (capas de rodadura en carreteras con tránsito de diseño NT-3)

Para capas de rodadura en vías con tránsito de diseño NT3, la mezcla definida como óptima al efectuar el diseño por el método de inmersión-ompresión deberá ser verificada con la medida de su resistencia a la deformación plástica, mediante la pista de ensayo de laboratorio, según la norma de ensayo INV E-756, modificada de manera que se permita el curado de la mezcla compactada antes de proceder al ensayo. Deberá cumplir con los criterios que se presentan en la Tabla 440 - 11.

Tabla 440 - 11. Criterios de resistencia a la deformación plástica para capas de rodadura en carreteras con tránsito NT-3

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO INV	VALOR
Velocidad máxima de deformación en el intervalo de 105 a 120 minutos, $\mu\text{m}/\text{min}$. - Temperatura media anual $> 24^\circ \text{C}$ - Temperatura media anual $\leq 24^\circ \text{C}$	E-756	15 20

Si este requisito no se cumple, se deberán efectuar los ajustes necesarios en el diseño de la mezcla.

440.4.2.2.4 Ajuste de la fórmula de trabajo

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

440.4.3 Preparación de la superficie existente

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

Si la extensión de la mezcla requiere riegos previos de imprimación o de liga, ellos se realizarán conforme lo establecen los Artículos correspondientes de estas especificaciones.

Antes de aplicar la mezcla, se verificará que haya ocurrido el curado del riego previo, no debiendo quedar restos de fluidificante en la superficie. Si hubiera transcurrido mucho tiempo desde la aplicación del riego, se comprobará que su capacidad de liga con la mezcla no se haya mermado en forma perjudicial; si ello ha sucedido, el Constructor deberá efectuar un riego adicional de adherencia, en la cuantía que fije el Interventor. Si la pérdida de efectividad del riego anterior es imputable al Constructor, el nuevo riego deberá realizarlo a su costa.

Las excavaciones para bacheo, así como las operaciones de relleno con los materiales adecuados para restablecer el nivel actual, se ejecutarán de acuerdo con las indicaciones del Artículo 465 para la excavación y de los Artículos que correspondan a los materiales empleados en el relleno de la misma.

Si la superficie sobre la cual se va a colocar la mezcla corresponde a un pavimento asfáltico antiguo que, de acuerdo con los estudios del proyecto o el criterio del Interventor, requiere un fresado previo, éste se realizará conforme se establece en el Artículo 460.

440.4.4 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 400.4.3 del Artículo 400.

440.4.5 Aprovisionamiento de los agregados

Cuando la mezcla se elabore en instalaciones fijas, los agregados se suministrarán fraccionados. El número de fracciones deberá ser tal que sea posible, con la instalación que se utilice, cumplir las tolerancias aceptadas en la granulometría de la mezcla. Cada fracción será

suficientemente homogénea y se deberá poder acopiar y manejar sin peligro de segregación, observando las precauciones que se detallan a continuación.

Cada fracción del agregado se acopiará separada de las demás para evitar intercontaminaciones. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se utilizarán los quince centímetros (15 cm) inferiores de ellos. Los acopios se construirán por capas de espesor no superior a un metro y medio (1.5 m), y no por montones cónicos. Las cargas del material se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

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

La carga de las tolvas se realizará de forma que éstas contengan entre cincuenta por ciento (50 %) y cien por ciento (100 %) de su capacidad, sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones. La alimentación del agregado fino se realizará en dos (2) tolvas, así éste sea de un tipo único.

440.4.6 Fabricación de la mezcla asfáltica

Las aberturas de salida de las tolvas se regularán de forma que la mezcla de todos los agregados se ajuste a la fórmula de obra de alimentación en frío.

Los agregados preparados como se ha indicado anteriormente, se pesarán o medirán exactamente; y se transportarán al mezclador en las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo.

Si la instalación de fabricación de la mezcla es de tipo continuo, una vez que los agregados se encuentren en el mezclador, se introducirá el agua de preenvuelta necesaria de acuerdo con la humedad de aquellos y, más adelante, la cantidad de emulsión requerida, a la temperatura apropiada, manteniendo la compuerta de salida a la altura que proporcione el tiempo teórico de mezcla especificado.

La tolva de descarga se abrirá intermitentemente para evitar segregaciones en la caída de la mezcla al camión.

Si la instalación es de tipo discontinuo, después de haber introducido los agregados en el mezclador, se añadirá el agua necesaria de preenvuelta de acuerdo con la humedad de aquellos y, tras un lapso que permita el humedecimiento homogéneo de los agregados, se añadirá automáticamente el material bituminoso calculado para cada bachada, el cual se deberá encontrar a la temperatura adecuada y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

En los mezcladores de ejes gemelos, el volumen total de los agregados, agua y asfalto no será tan grande que sobrepase los extremos de las paletas, cuando éstas se encuentren en posición vertical.

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

Cuando la mezcla se elabore en plantas ambulantes, la dosificación de los agregados se deberá efectuar en una instalación ubicada fuera de la obra, donde las volquetas serán cargadas y transportarán la mezcla de agregados a la tolva receptora de la planta ambulante, la cual estará provista de dispositivos dosificadores similares a los de las plantas continuas, los cuales deberán ser sincronizados para obtener las proporciones deseadas de agregados, agua y emulsión. Los ingredientes serán conducidos a una mezcladora continua que verterá la mezcla en la carretera. La distribución de la mezcla se hará por medio de dos tornillos sinfin delante de una viga maestra niveladora, que extiende y perfila la capa.

En todos los casos en que se empleen aditivos, éstos se unirán a los agregados antes de su mezcla con la emulsión asfáltica.

En caso de que se utilicen métodos de fabricación especiales, el Interventor deberá aprobar previamente los procedimientos de elaboración.

440.4.7 Transporte de la mezcla

La mezcla se transportará a la obra en volquetas, hasta una hora del día en que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar correctamente con la luz solar. El trabajo en horas de la noche sólo se permitirá bajo las condiciones mencionadas en el 440.4.15.

Durante el transporte de la mezcla se deberán tomar las precauciones necesarias para reducir al mínimo las pérdidas de humedad, así como para prevenir la segregación de la mezcla.

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

440.4.8 Transferencia de la mezcla

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

440.4.9 Extensión de la mezcla

La mezcla densa en frío se extenderá con la máquina pavimentadora, de modo que se cumpla con los alineamientos, anchos y espesores señalados en los planos o determinados por el Interventor.

A menos que se ordene otra cosa, la extensión comenzará a partir del borde de la calzada en las zonas por pavimentar con sección bombeada, o en el lado inferior de las secciones peraltadas. La mezcla se colocará en franjas del ancho apropiado para realizar el menor número de juntas longitudinales y para conseguir la mayor continuidad en la operación de extendido, teniendo en cuenta el ancho y las pendientes de la sección, las necesidades del tránsito, las características de la pavimentadora y la producción de la planta.

La colocación de la mezcla se realizará con la mayor continuidad posible, verificando que la pavimentadora deje la superficie a las cotas previstas, con el fin de no tener que corregir la capa extendida. Por ningún motivo se permitirá el empleo de máquinas pavimentadoras que dejen marcas o depresiones en la superficie u otros defectos permanentes en ella.

Tampoco se permitirá la segregación de materiales. Si ocurre, la extensión de la mezcla deberá ser suspendida inmediatamente hasta que su causa sea determinada y corregida. Toda área segregada que no sea corregida antes de la compactación, deberá ser removida y reemplazada con material apropiado, a expensas del Constructor.

Tras la pavimentadora se deberá disponer un número suficiente de obreros especializados, agregando mezcla y enrasándola, según se precise, con el fin de obtener una capa que, una vez compactada, se ajuste enteramente a las condiciones indicadas en esta especificación.

En el caso de que la mezcla se elabore y extienda con la planta ambulante, serán igualmente aplicables todas estas instrucciones.

En los sitios en los que a juicio del Interventor no resulte posible el empleo de máquinas pavimentadoras o plantas ambulantes, en especial en trabajos de bacheo, la mezcla se podrá extender a mano. La mezcla se descargará fuera de la zona que se vaya a pavimentar, y se distribuirá en los lugares correspondientes por medio de palas y rastrillos, en una capa uniforme y de espesor tal que, una vez compactada, se ajuste a los planos o a las instrucciones del Interventor, dentro de las tolerancias establecidas en la presente especificación.

440.4.10 Compactación de la mezcla

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

La compactación deberá empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas en donde el cilindro avanzará del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma aceptada por el Interventor, hasta que la superficie total haya sido compactada. Los rodillos deberán llevar su llanta motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos

que autorice el Interventor, y sus cambios de dirección se harán sobre la mezcla ya compactada.

La compactación se deberá realizar de manera continua durante la jornada de trabajo y se complementará con el trabajo manual necesario para la corrección de todas las irregularidades que se puedan presentar. Se cuidará que los elementos de compactación estén siempre limpios y, si es preciso, húmedos.

En los lugares inaccesibles a los equipos normales de compactación, el proceso se efectuará mediante máquinas de tamaño y diseño adecuado para la labor por realizar.

Cuando la mezcla tenga por objeto servir como capa de rodadura, la textura del pavimento terminado deberá ser uniforme y permitir una adecuada adherencia con las llantas de los vehículos en condición de superficie húmeda.

440.4.11 Juntas de trabajo

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

Las juntas entre pavimentos nuevos y viejos, o entre trabajos realizados en días sucesivos, se deberán cuidar, con el fin de asegurar su perfecta adherencia. A todas las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad, se les aplicará una capa uniforme y ligera de riego de liga antes de colocar la mezcla nueva, dejándola curar suficientemente.

El borde de la capa extendida con anterioridad se cortará verticalmente con el fin de dejar al descubierto una superficie plana y vertical en todo su espesor, que se pintará como se ha indicado en el párrafo anterior. La nueva mezcla se extenderá contra la junta y se compactará y alisará con elementos adecuados, antes de permitir el paso sobre ella del equipo de compactación.

Las juntas transversales en la capa de rodadura se compactarán transversalmente.

Cuando los bordes de las juntas longitudinales sean irregulares, presenten huecos o estén deficientemente compactados, se deberán cortar para dejar al descubierto una superficie lisa vertical en todo el espesor de la

capa. Donde el Interventor lo considere necesario, se añadirá mezcla que, después de colocada y compactada con pisones, se compactará mecánicamente.

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

440.4.12 Pavimento sobre puentes y viaductos

Las losas de los puentes y viaductos se pavimentarán con mezcla densa en frío de la calidad exigida para la capa de rodadura, previa la aplicación del riego de liga mencionado en el numeral 440.4.3, "Preparación de la superficie existente".

Durante la ejecución del riego y de la pavimentación, el Constructor deberá proteger con lonas, papel o similares, todas aquellas partes de los puentes y viaductos que puedan ser afectadas por el ligante bituminoso. El Constructor será responsable por todo daño que causen las operaciones de sus equipos y, en consecuencia, todos los trabajos de reparación y limpieza correrán de su cuenta.

440.4.13 Bacheos

Al rellenar toda excavación para reparación del pavimento existente cuya profundidad haya sido superior a ciento cincuenta milímetros (150 mm), los últimos setenta y cinco milímetros (75 mm) hasta alcanzar el nivel de la rasante existente se deberán rellenar con mezcla asfáltica, la cual se deberá compactar con el equipo adecuado hasta alcanzar la densidad especificada. El resto de la excavación se rellenará como se establece en los numerales correspondientes a bacheo de sub-base y base granulares en los Artículos 320 y 330, respectivamente.

Cuando la excavación sea de profundidad menor o igual a ciento cincuenta milímetros (150 mm), se rellenará en su totalidad con mezcla asfáltica en capas de espesor compactado comprendido entre cincuenta y setenta y cinco milímetros (50-75 mm), hasta alcanzar la rasante existente.

Estos espesores podrán variar si así lo establecen los documentos del proyecto o lo autoriza el Interventor, en particular cuando se trate de

labores de conservación y rehabilitación de pavimentos asfálticos antiguos con estructuras complejas.

Tanto la superficie que recibirá las capas asfálticas como las paredes de la excavación en contacto con ellas, deberán ser pintadas con un riego de liga, conforme a las instrucciones del Interventor.

440.4.14 Apertura al tránsito

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

440.4.15 Limitaciones en la ejecución

No se permitirán la extensión y la compactación de mezclas densas en frío cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie del pavimento sean inferiores a cinco grados Celsius (5° C) o haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra. En caso de que la mezcla sin compactar o compactada sea afectada por el agua lluvia y como resultado de ello se lave la emulsión, el Constructor deberá, a su costa, retirar la mezcla afectada y reconstruir el sector afectado, a satisfacción del Interventor.

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

440.4.16 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

440.4.17 Reparaciones

Todos los defectos no advertidos durante la colocación y compactación, tales como protuberancias, juntas irregulares, depresiones, irregularidades de alineamiento y de nivel, deberán ser corregidos por el Constructor, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del Interventor. El Constructor deberá proporcionar trabajadores competentes, capaces de ejecutar a satisfacción el trabajo eventual de correcciones en todas las irregularidades del pavimento construido.

440.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

440.5.1 Controles

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

440.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**440.5.2.1 Calidad de la emulsión**

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

440.5.2.2 Calidad del agua

Siempre que el Interventor tenga alguna sospecha sobre la calidad del agua empleada en la mezcla, verificará su pH y su contenido de sulfatos, cuyos valores deberán satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 440.2.3, para permitir su empleo.

Si alguna mezcla ha sido elaborada con un agua calificada de inapropiada, se pondrá en observación hasta el recibo definitivo de los trabajos y, en caso de que presente deterioros, se deberá remover y reconstruir por cuenta exclusiva del Constructor y a satisfacción del Interventor. La mezcla removida será de propiedad del Constructor.

440.5.2.3 Calidad de los agregados pétreos y del llenante mineral

440.5.2.3.1 Aprobación inicial

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deberán realizar los ensayos que se encuentran indicados en la Tabla 440 - 2.

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

Los resultados de estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 440.2.1, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

440.5.2.3.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, el Interventor examinará las descargas a los acopios y ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, ordenará acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas, y plasticidad, y vigilará la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, efectuará las verificaciones de calidad indicadas en la Tabla 440 - 12 para los agregados grueso y fino y 440.13 para el llenante mineral, si éste se incorpora de manera independiente.

Tabla 440 - 12. Ensayos de verificación sobre los agregados para mezclas asfálticas densas en frío

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos	E-224	1 por mes
Coefficiente de pulimiento acelerado para rodadura	E-232	Cuando cambie la procedencia de los agregados
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza, agregado grueso (F)		
Impurezas en agregado grueso	E-237	1 por semana
Limpieza, gradación combinada (F)		
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana
Valor de azul de metileno (Nota 1)	E-235	1 por semana
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)		
Partículas planas y alargadas, relación 5:1	E-240	1 por semana
Caras fracturadas	E-227	1 por jornada
Geometría de las partículas, agregado fino (F)		
Angularidad de la fracción fina, método A	E-239	1 por jornada
Gravedad específica		
Gravedad específica y absorción	E-222 y E-223	1 por mes

Nota 1: En caso de que se requiera, según la nota 1 de la Tabla 440 - 2.

Tabla 440 - 13. Ensayos de verificación sobre el llenante mineral de aporte para mezclas asfálticas densas en frío

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Granulometría	E-123	1 por suministro
Densidad bulk	E-225	1 vez a la semana y siempre que cambie la procedencia del llenante

El Interventor podrá autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en las Tablas 440 - 12 y 440 - 13, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En ningún caso se permitirá el empleo de agregados minerales que no satisfagan los requisitos del numeral 440.2.1. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado insatisfactorio, se tomarán dos muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos de comprobación deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

440.5.2.4 Composición de la mezcla

A la salida del mezclador o del silo de almacenamiento, sobre cada vehículo de transporte, se controlará el aspecto de la mezcla. Se rechazarán todas las mezclas segregadas, así como aquellas cuya envuelta no sea homogénea.

Cuantitativamente, se realizarán los siguientes controles:

440.5.2.4.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 440.5.2.6.1, se determinará el contenido de asfalto residual (norma de ensayo INV E-732).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART%) tendrá una tolerancia de tres por mil (0.3 %), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (ARF%).

$$ARF\% - 0.3\% \leq ART\% \leq ARF\% + 0.3\% \quad [440.1]$$

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI %), no podrá diferir del valor promedio (ART %) en más de medio por ciento (0.5 %), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$\text{ART}\% - 0.5\% \leq \text{ARI}\% \leq \text{ART}\% + 0.5\%$$

[440.2]

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

En caso de rechazo, la capa de mezcla densa en frío correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

440.5.2.4.2 Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados según la norma de ensayo INV E-782. La curva granulométrica de cada ensayo individual deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la Tabla 440 - 5, pero sin permitir que la curva se salga de la franja.

En caso de que los valores obtenidos excedan las tolerancias, pero no salgan de la franja, el Constructor deberá preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje medio de asfalto de la mezcla elaborada con este agregado. Ella se someterá a todas las pruebas de valoración descritas en el numeral 440.4.2 de esta especificación. Si los requisitos allí indicados no se cumplen en su totalidad, se rechazará el lote.

En caso de rechazo, la capa de mezcla densa en frío correspondiente al lote controlado deberá ser

levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

440.5.2.5 Calidad de la mezcla

440.5.2.5.1 Resistencia

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada, se moldearán probetas (tres por muestra) para verificar en el laboratorio su resistencia en el ensayo de inmersión-compresión (norma de ensayo INV E-622). Tres de las probetas se curarán en seco y tres bajo condición húmeda.

Tanto la resistencia media tras curado seco como tras curado húmedo de las probetas elaboradas, (R_m), deberán superar o al menos igualar al noventa por ciento (90 %) de la respectiva resistencia de la mezcla definitiva de trabajo (R_t):

$$R_m \geq 0.90 R_t \quad [440.3]$$

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

$$R_i \geq 0.80 R_m \quad [440.4]$$

A su vez, la resistencia conservada promedio (R_{cm}) deberá ser, como mínimo, el setenta y cinco por ciento (75 %), sin que al respecto se acepte ninguna tolerancia.

$$R_{cm} \geq 75 \% \quad [440.5]$$

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se rechazará el lote representado por estas muestras. En este caso, la capa de mezcla densa en frío correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

El incumplimiento de este requisito en dos (2) lotes consecutivos, implicará la suspensión de los trabajos hasta que se estudie y apruebe una nueva fórmula de trabajo que garantice el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en el numeral 440.4.2.

440.5.2.6 Calidad del producto terminado

440.5.2.6.1 Tamaño del lote

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

- Quinientos metros lineales (500 m) de mezcla colocada en todo el ancho de la calzada;
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de mezcla colocada;
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

Específicamente para la determinación del Índice Internacional de Rugosidad (IRI), la definición de “lote” será como se indica en el numeral 440.5.2.6.8.

440.5.2.6.2 Aspectos generales

La capa terminada de mezcla asfáltica deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se

esté construyendo, excluyendo sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Interventor.

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

Todas las áreas donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, así como aquellas en que se presente retención de agua en la superficie, deberán ser corregidas por el Constructor de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

440.5.2.6.3 Compactación

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

Para el control de la compactación de una capa mezcla densa en frío, se deberá calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y de los ensayos de densidad en el laboratorio, mediante la siguiente expresión:

$$GC_i = \frac{D_i}{D_e} \times 100 \quad [440.6]$$

Siendo:

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

D_i : Valor individual de la densidad en el terreno, determinado por alguno de los métodos descritos en las normas de ensayo INV E-733, E-734, E-746 o E-802;

D_e : Valor promedio de los valores de densidad de las seis (6) probetas por lote, elaboradas en el laboratorio, según la metodología de ensayo inmersión-compresión, como se indica en el numeral 440.5.2.5.1.

Sólo se aceptará la determinación de la densidad de la capa compactada por medio del densímetro nuclear (norma de ensayo INV E-746), si se garantiza, sin lugar a ninguna duda, que la medición del aparato abarca, única y exclusivamente, el espesor total de la capa que se está verificando.

Para el control de la compactación se aplicarán los siguientes criterios:

$GC_i(90) \geq 95.0 \%$	se acepta el lote	[440.7]
$GC_i(90) < 95.0 \%$	se rechaza el lote	[440.8]

Siendo:

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

Las comprobaciones de la compactación se realizarán en todo el espesor de la capa que se controla, cuando se haya cumplido sustancialmente el período de curado de la mezcla, conforme se haya determinado en la fase de experimentación. La toma de testigos se hará de acuerdo con lo que establece la norma de ensayo INV E-758.

En caso de rechazo, la capa de mezcla densa en frío correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

440.5.2.6.4 Espesor

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

$$e_m \geq e_d \quad [440.9]$$

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

$$e_i \geq 0.90 e_d \quad [440.10]$$

Si alguno de estos requisitos se incumple, se procederá como se indica a continuación. Todas las labores de corrección las ejecutará el Constructor sin cargo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

440.5.2.6.4.1 Para capas de rodadura

El Constructor procederá a fresar y remover la capa y reponerla en el espesor adecuado o, alternativamente y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, a la colocación de una capa adicional del mismo tipo de mezcla de cincuenta milímetros (50 mm) de espesor compacto, cumpliendo todos los requisitos de calidad de esta especificación. El riego de liga que se deba colocar para adherir las capas deberá ejecutarlo, a su costa, en acuerdo con el Artículo 421.

Si la capa adicional no cumple alguno de los requisitos de este Artículo, deberá ser fresada y repuesta con una nueva de calidad satisfactoria.

440.5.2.6.4.2 Para capas intermedias y de base

El Constructor procederá a fresar y remover la capa y reponerla en el espesor adecuado salvo que, tratándose de una capa de base o intermedia sobre la cual se va a colocar otra capa de mezcla densa en frío, el Constructor se comprometa a compensar la deficiencia incrementando el espesor de la capa intermedia o de rodadura, respectivamente, sin que el exceso de espesor por colocar de esta última genere costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

440.5.2.6.5 Planicidad

La superficie acabada no podrá presentar zonas de acumulación de agua, ni irregularidades mayores de diez milímetros (10 mm) en capas de rodadura o quince milímetros (15 mm) en capas de base o intermedias y bacheos, cuando se compruebe con una regla de tres metros (3m) según la norma de

ensayo INV E-793; la regla se colocará tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja al azar el Interventor, los cuales no podrán estar afectados por cambios de pendiente. Las zonas que presenten deficiencias de este tipo deberán ser fresadas y repuestas por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, y a plena satisfacción del Interventor. El material fresado será de propiedad del Constructor.

440.5.2.6.6 Textura

Las medidas de textura se realizarán antes de la puesta en servicio de la capa de rodadura construida con mezcla densa en frío, empleando el método descrito en la norma de ensayo INV E-791.

El número mínimo de puntos a controlar por lote será de tres (3), que se ampliarán a cinco (5) si la textura obtenida en uno de los tres (3) primeros es inferior a la especificada. Dichos puntos se elegirán al azar, de acuerdo con la norma INV E-730.

La profundidad media de textura del lote no podrá ser menor al mínimo admisible que se defina en los documentos del proyecto, el cual no podrá ser inferior a 0.35. Ningún valor individual podrá ser inferior en más de veinte por ciento (20 %) al promedio mínimo exigido y no podrán existir áreas con evidencias indudables de segregación.

Si este requisito no se cumple, la capa de capa de rodadura correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, quedando el material fresado de propiedad del Constructor. Alternativamente y a opción del Constructor, y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, éste podrá colocar una capa adicional de una mezcla del mismo tipo con el correspondiente riego de liga, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, del mismo

espesor compacto que la anterior, cumpliendo todos los requisitos de calidad de esta especificación.

440.5.2.6.7 Resistencia al deslizamiento

Una vez transcurridos, como mínimo, treinta (30) días de la puesta en servicio, se harán las determinaciones de la resistencia al deslizamiento sobre mezclas densas en frío construidas para servir como capas de rodadura.

Debido a que la resistencia al deslizamiento se encuentra relacionada directamente con la seguridad de los usuarios, los puntos para su determinación en cada lote no se elegirán al azar, sino que serán ubicados por el Interventor en los lugares que considere más sensibles al deslizamiento vehicular en condición de superficie húmeda.

Las medidas se realizarán con el péndulo británico, en acuerdo con la norma de ensayo INV E – 792, en tres (3) puntos por lote en zonas en tangente y en uno (1) por cada curva horizontal y por cada zona singular (glorieta, intersección, zona de frenado, etc.) incluida dentro del lote y ninguna de ellas podrá presentar un valor inferior al límite indicado en la Tabla 440 - 14, de acuerdo con el tránsito de diseño y el tipo de sección.

En caso de que se presenten valores menores, el Interventor realizará medidas adicionales para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual deberá ser corregida por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. Para ello, la capa de mezcla densa en frío correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor. Alternativamente y a opción del Constructor, y si no existen problemas de

gálibo o de sobrecargas estructurales, éste podrá colocar una capa adicional de una mezcla del mismo tipo, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de cincuenta milímetros (50 mm) de espesor compacto, cumpliendo todos los requisitos de calidad de esta especificación. El riego de liga que se deba colocar para adherir las capas será también de cuenta del Constructor, quien deberá ejecutarlo en acuerdo al Artículo 421.

La resistencia al deslizamiento se puede verificar también con dispositivos de rueda parcialmente bloqueada (norma de ensayo INV E-815). En tal caso, la especificación particular indicará el equipo autorizado, así como los valores mínimos por alcanzar, los cuales deberán ser, cuando menos, equivalentes a los señalados en la Tabla 440 - 14 para el péndulo británico.

Tabla 440 - 14. Valores mínimos admisibles del coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo británico

TIPO DE CAPA	COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO, MÍNIMO		
	NT1	NT2	NT3
Glorietas; curvas con radios menores de 200 metros; pendientes $\geq 5\%$ en longitudes de 100 metros o más; intersecciones; zonas de frenado frecuente.	0.50	0.55	0.60
Otras secciones	0.45	0.50	0.50

440.5.2.6.8 Regularidad superficial

El Índice Internacional de Rugosidad (IRI) se comprobará de manera continua en toda la longitud de la obra y en cada carril, antes del recibo definitivo de la misma. Para los efectos de aceptación del pavimento terminado, este Artículo establece que la determinación del IRI se deberá realizar,

únicamente, con procedimientos de medida de precisión o con equipos de referencia inercial.

Las medidas de precisión se podrán adelantar con mira y nivel, de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma INV E-794 o con un perfilómetro pivotante de alta precisión, norma INV E-814.

Si se opta por el equipo de referencia inercial, éste se deberá validar previamente con uno de precisión en un tramo de prueba de longitud no menor de doscientos metros (200 m). El equipo de referencia inercial se deberá operar de acuerdo con la norma ASTM E 950.

Para efectos de la evaluación con fines de recibo, las medidas se harán en cada uno de los carriles del pavimento construido y los valores del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) se presentarán en m/km, en tramos consecutivos de cien metros (100 m) por carril, con la excepción que se cita en el párrafo siguiente. Un conjunto de cinco (5) tramos constituirá un lote.

No habrá exigencia sobre el cumplimiento de regularidad superficial en tramos que incluyan singularidades, entendiéndose por tales todas aquellas alteraciones del perfil longitudinal de la carretera que incrementen el IRI y no provengan de deficiencias constructivas, como pueden ser intersecciones con otras vías, puentes, pozos de inspección, reductores de velocidad, etc., los cuales serán definidos por el Interventor, con su ubicación respectiva (carril y abscisa), antes de proceder a la determinación del índice internacional de rugosidad (IRI).

Se entenderá que la superficie del pavimento tiene una regularidad superficial aceptable, si a lo largo de la longitud evaluada en cada carril se satisfacen los valores indicados en la Tabla 440 - 15.

Si la proporción de hectómetros donde los resultados de la regularidad superficial (IRI) exceden los límites especificados no es superior a veinte por ciento (20 %) del total del lote, el Interventor delimitará los sectores relevantes en el incumplimiento y ordenará su corrección mediante fresado y la colocación de una nueva capa de mezcla asfáltica. Los espesores por fresar y reponer en cada tramo serán establecidos por el Interventor y todos los costos que impliquen estas correcciones, deberán ser asumidos por el Constructor. El material fresado será de propiedad del Constructor.

Si la proporción de hectómetros donde los resultados de IRI exceden los límites especificados es mayor a veinte por ciento (20 %) del total del lote, toda la longitud de éste deberá ser fresada y repuesta en el mismo espesor. El fresado, traslado y disposición del material demolido y la reconstrucción de la capa, con la calidad exigida por el presente Artículo, serán de cargo del Constructor. El material demolido será de propiedad del Constructor. Éste, a su vez, no podrá invocar las reparaciones o reconstrucciones debidas a deficiencias en la regularidad superficial, como causal para incumplir el programa de trabajo.

Tabla 440 - 15. Valores máximos admisibles de IRI (m/km)

PORCENTAJE DE HECTÓMETROS	PAVIMENTOS DE CONSTRUCCIÓN NUEVA Y REHABILITADOS EN ESPESOR > 10 cm			PAVIMENTOS REHABILITADOS EN ESPESOR ≤ 10 cm		
	NT1	NT2	NT3	NT1	NT2	NT3
40	2.4	1.9	1.4	2.9	2.4	1.9
80	3.0	2.5	2.0	3.5	3.0	2.5
100	3.5	3.0	2.5	4.0	3.5	3.0

440.5.2.6.9 Construcción de capas de renivelación

Cuando la mezcla densa en frío se emplee en la construcción de capas de renivelación de un pavimento existente, deberá cumplir los mismos

requisitos que se exigen cuando se coloca como capa de base, si su espesor compacto es mayor o igual a setenta y cinco milímetros (75 mm). En caso contrario, deberá cumplir los requisitos exigidos a la capa intermedia.

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

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

440.5.2.6.11 Medidas de deflexión

El Interventor verificará la solidez de la estructura construida al nivel de la capa de mezcla densa en frío, realizando medidas de deflexión con la viga Benkelman, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-795. Los resultados de las medidas, que se realizarán en tresbolillo cada 20 metros, no constituirán base para aceptación o rechazo de la capa construida, sino que servirán al Instituto Nacional de Vías para verificar la homogeneidad de la estructura que se construye y realizar los ajustes que pudieran resultar necesarios al diseño estructural del pavimento.

440.6 MEDIDA

Rige lo descrito en el Artículo 400 y en particular en el numeral 400.6.2. Para bacheos, se aplicará lo especificado en el numeral 400.6.3 del mismo Artículo.

440.7 FORMA DE PAGO

Rige lo descrito en el Artículo 400 y en particular en el numeral 400.7.3.

Se excluyen del precio unitario el suministro y el almacenamiento de la emulsión para la mezcla, que se pagarán de acuerdo con el Artículo 411.

440.8 ÍTEM DE PAGO

440.1 Mezcla densa en frío tipo MDF-38	Metro cúbico (m ³)
440.2 Mezcla densa en frío tipo MDF-25	Metro cúbico (m ³)
440.3 Mezcla densa en frío tipo MDF-19	Metro cúbico (m ³)
440.4 Mezcla densa en frío para bacheo	Metro cúbico (m ³)

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

MEZCLA ABIERTA EN FRÍO

ARTÍCULO 441 – 13

441.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la elaboración, transporte, colocación y compactación de una mezcla asfáltica de tipo abierto, preparada en frío en una planta fija o ambulante, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos o determinados por el Interventor.

441.2 MATERIALES

441.2.1 Agregados pétreos

Los agregados pétreos deberán satisfacer los requisitos del Artículo 400, numeral 400.2.1. Adicionalmente, deberán cumplir con los requisitos de calidad de la Tabla 441 - 1.

Tabla 441 - 1. Requisitos de los agregados para mezcla abierta en frío

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO		
		NT-1	NT-2	NT-3
Dureza, agregado grueso (O)				
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%)	E-218			
Capa de: rodadura / intermedia	E-219	25/35	25/35	25/35
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	25/30	20/25
- Capa de: rodadura / intermedia				
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos	E-224			110/90
- Valor en seco: rodadura / intermedia, mínimo (kN)				75/75
- Relación húmedo/seco: rodadura / intermedia, mínimo (%)				
Coefficiente de pulimiento acelerado para rodadura, mínimo	E-232	0.45	0.45	0.45
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, agregado grueso y fino, máximo (%)	E-220	18	18	18
Limpieza, agregado grueso (F)				
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	E-237	0.5	0.5	0.5
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)				
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%)	E-240	10	10	10
Caras fracturadas, mínimo (%)	E-227	75/-	75/60	85/70
- Una cara: rodadura / intermedia		60/-	75/-	75/-
- Dos caras: rodadura / intermedia				
Adhesividad (O)				
Agregado grueso: Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo, mínimo (%)	E-757	Reportar		

Los agregados se deberán ajustar a alguna de las gradaciones indicadas en la Tabla 441 - 2.

Tabla 441 - 2. Franja granulométrica para mezcla abierta en frío

TIPO DE MEZCLA	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	37.5	25.0	19.0	12.5	9.5	4.75	2.26	0.075
	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 8	No. 200
% PASA								
MAF-38	100	70-95	-	25-55	-	0-15	0-5	0-2
MAF-25	-	100	70-95	-	20-45	0-20	0-10	0-2
MAF-19	-	-	100	70-95	-	10-30	0-10	0-2
TOLERANCIAS EN PRODUCCIÓN SOBRE LA FÓRMULA DE TRABAJO (±)	4 %						3 %	

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

El tipo de mezcla asfáltica por emplear estará en función del espesor compacto de la capa asfáltica y se definirá en los documentos del proyecto, siguiendo los criterios de la Tabla 441 - 3.

Tabla 441 - 3. Tipo de mezcla por utilizar en función del espesor compacto de la capa

TIPO DE MEZCLA	TIPO DE CAPA	ESPESOR COMPACTO (mm)
MAF-19	Rodadura	< 40
MAF-25	Rodadura Intermedia	40 a 75
MAF-38	Intermedia Base Bacheos	> 75 Bacheos

Durante el proceso de compactación de la mezcla se deberá aplicar un sello de arena para evitar la adhesión de las llantas de los vehículos, debido a la presencia de fluidificantes en la emulsión asfáltica. La arena será natural, proveniente de trituración o una mezcla de ambas; estará exenta de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras materias objetables. Sus características deberán ser las mismas que se exigen a los agregados

para el sello de arena-asfalto, según el Artículo 432 de estas especificaciones.

441.2.2 Material bituminoso

El material bituminoso para elaborar la mezcla abierta en frío será una emulsión asfáltica catiónica de rotura media, correspondiente al tipo CRM indicado en el Artículo 411 y que sea compatible con los agregados pétreos por emplear.

441.2.3 Aditivos mejoradores de adherencia entre los agregados y el asfalto

Cuando se requieran, deberán cumplir con los requisitos del Artículo 412. La dosificación y la dispersión homogénea del aditivo deberán tener la aprobación del Interventor.

El Constructor deberá garantizar que su incorporación no producirá ningún efecto nocivo a los agregados, al ligante asfáltico o a la mezcla. Cualquier efecto adverso en el comportamiento del pavimento, que se derive del empleo del aditivo, será de responsabilidad exclusiva del Constructor, quien deberá efectuar todas las reparaciones que requiera la mezcla compactada, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a satisfacción de éste.

441.3 EQUIPO

Rige lo que resulte aplicable de lo indicado en los numerales 400.3 del Artículo 400 y 440.3 del Artículo 440, con la salvedad que las mezclas abiertas en frío normalmente no requieren la adición de agua y, en consecuencia, los depósitos y dispositivos para la aplicación de agua en la planta pueden no ser necesarios.

Como equipo accesorio se requiere, además, un esparcidor mecánico o volqueta desde el cual se pueda repartir arena manualmente sobre la superficie con ayuda de palas.

441.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

441.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el Artículo 105, “Desarrollo y control de los trabajos”, numeral 105.13.3.

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

Rige todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.2 del Artículo 400.

El contenido del ligante se deberá fijar en función de los materiales por emplear, basándose principalmente en la experiencia obtenida en casos análogos. Se hará, ante todo, una determinación del contenido óptimo teórico de ligante, utilizando métodos basados en la superficie específica de los agregados; y luego, con proporciones variables de ligante por encima y por debajo de este óptimo teórico, se elaborarán mezclas para someterlas al ensayo de cubrimiento y desplazamiento, según la norma INV E-769, cuyos resultados permitirán definir la proporción de emulsión en relación con el peso de los agregados secos.

La mezcla abierta en frío no se podrá fabricar a escala industrial, mientras el Interventor no haya aprobado la fórmula de trabajo y realizado las verificaciones correspondientes en la fase de experimentación. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla o se rebasan de manera frecuente las tolerancias granulométricas establecidas en este Artículo, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

441.4.3 Preparación de la superficie existente

Al respecto, resulta aplicable lo descrito para las mezclas densas en frío en el numeral 440.4.3 del Artículo 440.

441.4.4 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 400.4.3 del Artículo 400.

441.4.5 Aprovechamiento de los agregados y elaboración de la mezcla

Se aplica el procedimiento descrito para las mezclas densas en frío en los numerales 440.4.5 y 440.4.6 del Artículo 440, modificado este último en el hecho de que la incorporación de agua de preenvuelta en el mezclador no suele ser necesaria.

441.4.6 Transporte de la mezcla

La mezcla se transportará a la obra en volquetas carpadas, hasta una hora del día en que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar correctamente con luz solar. Sólo se permitirá el trabajo en horas

nocturnas si, a juicio del Interventor, existe una iluminación artificial apropiada que permita la extensión y compactación de la mezcla, tal como se establece en el numeral 441.4.14.

Durante el transporte de la mezcla se deberán tomar las precauciones necesarias para reducir al mínimo las pérdidas de los solventes volátiles de la emulsión.

441.4.7 Transferencia de la mezcla

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

441.4.8 Extensión de la mezcla

Resulta aplicable el mismo procedimiento descrito en el numeral 440.4.9 del Artículo 440 para las mezclas densas en frío, excepto lo referente a la adición y enrase de mezcla por parte de obreros detrás de la máquina pavimentadora.

441.4.9 Compactación de la mezcla

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

Normalmente, la compactación comienza con una sola pasada del rodillo vibratorio liso con el fin de obtener la adecuada orientación del agregado. A continuación, se extiende manualmente una capa de arena, a razón de unos cuatro kilogramos por metro cuadrado (4 kg/m^2), con el fin de eliminar la consistencia viscosa de la mezcla y, posteriormente, se pasará el rodillo neumático el número de veces definido en la fase de experimentación, con el fin de que la mezcla alcance un grado de firmeza satisfactorio para el Interventor.

La compactación deberá empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas, en donde el cilindro avanzará del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma fijada por el Interventor, hasta que la

superficie total haya sido compactada. Los rodillos deberán llevar su llanta motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el Interventor, y sus cambios de dirección se harán sobre la mezcla ya compactada.

La compactación se deberá realizar de manera continua durante la jornada de trabajo, y se complementará con el trabajo manual necesario para la corrección de todas las irregularidades que se puedan presentar. Se cuidará que los elementos de compactación estén siempre limpios y, cuando sea preciso, húmedos.

En los lugares inaccesibles a los equipos normales de compactación, el proceso se efectuará mediante máquinas de tamaño y diseño adecuado para la labor por realizar, previo el visto bueno del Interventor.

Cuando la mezcla tenga por objeto servir como capa de rodadura, la textura del pavimento terminado deberá ser uniforme y permitir una adecuada adherencia con las llantas de los vehículos en condición de superficie húmeda.

441.4.10 Juntas de trabajo

Resulta aplicable lo descrito en el numeral 440.4.11 del Artículo 440.

441.4.11 Almacenamiento de mezclas abiertas en frío

Cuando la mezcla no se vaya a emplear inmediatamente después de su fabricación, se deberá acopiar en un lugar apropiado, donde quede protegida contra la acción de lluvias que puedan lavar la película de ligante. Los acopios se deberán realizar por capas de poca altura para evitar la segregación y con una disposición adecuada para prevenir su contaminación.

Si el tiempo de almacenamiento es muy largo y se forma una costra dura en la superficie del acopio, esta costra se deberá retirar completamente y descartar en el momento en que se vaya a emplear la mezcla.

441.4.12 Bacheos

Resulta aplicable lo indicado en el numeral 440.4.13 del Artículo 440.

441.4.13 Apertura al tránsito

El tramo pavimentado se podrá abrir al tránsito una vez que el grado de compactación alcanzado resulte satisfactorio para el Interventor. La velocidad de los vehículos se deberá limitar a treinta kilómetros por hora (30 km/h) durante las setenta y dos (72) horas siguientes a la apertura al tránsito.

En los casos en que la mezcla abierta en frío se construya como capa intermedia, se podrá abrir al tránsito con las mismas limitaciones, mientras se construye la capa superior, la cual no se podrá colocar hasta que la mezcla abierta se encuentre totalmente curada en cuanto a la eliminación del agua y del fluidificante de la emulsión.

441.4.14 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la extensión y compactación de mezclas abiertas en caliente cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie del pavimento sean inferiores a cinco grados Celsius (5 ° C) o haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra.

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

441.4.15 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400 de estas especificaciones.

441.4.16 Reparaciones

Al respecto, se aplica todo lo indicado en el numeral 440.4.17 del Artículo 440.

441.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

441.5.1 Controles

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

441.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

441.5.2.1 Calidad de la emulsión

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

441.5.2.2 Calidad de los agregados pétreos

441.5.2.2.1 Aprobación inicial

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deberán realizar los ensayos que se encuentran indicados en la Tabla 441 - 1.

Los resultados de estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 441.2.1, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

441.5.2.2.2 Control de producción

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

Además, se efectuarán las verificaciones de calidad indicadas en la Tabla 441 - 4.

Tabla 441 - 4. Ensayos de verificación sobre los agregados para mezcla abierta en frío

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos	E-224	1 por mes
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza, agregado grueso (F)		
Impurezas en agregado grueso	E-237	1 por semana
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)		
Partículas planas y alargadas, relación 5:1	E-240	1 por semana
Caras fracturadas	E-227	1 por jornada

El Interventor podrá autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 441 - 4, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En ningún caso se permitirá el empleo de agregados minerales que no satisfagan los requisitos del numeral 441.2.1 del presente Artículo. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado insatisfactorio, se tomarán dos muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos de comprobación deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

441.5.2.3 Composición de la mezcla

A la salida del mezclador o del silo de almacenamiento, sobre cada vehículo de transporte, el Interventor controlará el aspecto de la mezcla. Rechazará todas las mezclas

segregadas, así como aquellas cuya envuelta no sea homogénea.

Cuantitativamente, se realizarán los siguientes controles:

441.5.2.3.1 Contenido de asfalto

Sobre cinco (5) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 441.5.2.4.1, se determinará el contenido de asfalto residual (norma de ensayo INV E-732).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART%) tendrá una tolerancia de tres por mil (0.3 %), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (ARF%).

$$\text{ARF}\% - 0.3\% \leq \text{ART}\% \leq \text{ARF}\% + 0.3\%$$

[441.1]

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI %), no podrá diferir del valor promedio (ART %) en más de medio por ciento (0.5 %), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$\text{ART}\% - 0.5\% \leq \text{ARI}\% \leq \text{ART}\% + 0.5\%$$

[441.2]

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

En caso de rechazo, la capa de mezcla abierta en frío correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para

el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

441.5.2.3.2 Granulometría de los agregados

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

La curva granulométrica de cada ensayo individual deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la Tabla 441 - 2, pero sin permitir que la curva se salga de la franja.

Cuando los valores obtenidos incumplan estos requisitos, pero no salgan de la franja, el Constructor deberá elaborar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje de emulsión que dé lugar al contenido medio de asfalto residual de la mezcla elaborada con este agregado. Dicha mezcla se someterá a las pruebas de valoración descritas en el numeral 441.4.2 de esta especificación. Si los requisitos allí indicados no resultan satisfactorios para el Interventor, se rechazará el lote representado por esas muestras.

En caso de rechazo, la capa de mezcla abierta en frío correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

441.5.2.4 Calidad del producto terminado

441.5.2.4.1 Tamaño del lote

Se considerará como “lote” que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500 m) de mezcla colocada en todo el ancho de la calzada;
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de mezcla colocada;
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

441.5.2.4.2 Aspectos generales

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

Además, se harán las siguientes verificaciones:

441.5.2.4.3 Espesor

Las determinaciones de espesor de la capa compactada se realizarán en una proporción de cuando menos cinco (5) por lote. Los sitios para las mediciones se elegirán al azar de acuerdo con la norma INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro. El espesor promedio de la capa compactada (e_m) no podrá ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d$$

[441.3]

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, como mínimo, igual al ochenta por ciento (80 %) del espesor de diseño, admitiéndose un (1) solo valor por debajo de dicho límite, siempre que este último valor sea igual o

mayor al setenta y cinco por ciento (75 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.80 e_d$$

[441.4]

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del lote. En tal caso, la capa de mezcla abierta en frío correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

A opción del Constructor y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, el fresado y reposición de la capa se pueden sustituir por la colocación de una capa adicional a su costa, de cinco centímetros (5 cm) de espesor compacto, cumpliendo todos los requisitos de calidad de esta especificación. El riego de liga que se deba colocar para adherir las capas será también de cuenta del Constructor, quien deberá ejecutarlo en acuerdo al Artículo 421 de estas especificaciones.

441.5.2.4.4 Planicidad

La superficie compactada no deberá presentar irregularidades de más de diez milímetros (10 mm) en capas de rodadura ni de más de quince milímetros (15 mm) en capas intermedias o bacheos, cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793; la regla se colocará tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el Interventor, los cuales no deberán estar afectados por cambios de pendiente. Las zonas que presenten deficiencias de este tipo deberán ser reparadas por el Constructor de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

441.5.2.4.5 Textura

Las medidas de textura se realizarán antes de la puesta en servicio de la capa y se harán únicamente sobre mezclas compactadas como capa de rodadura, empleando el método descrito en la norma de ensayo INV E-791.

El número mínimo de puntos a controlar por lote será de tres (3), que se ampliarán a cinco (5) si la textura obtenida en uno de los tres (3) primeros es inferior a la especificada. Después de diez (10) lotes consecutivos aceptados, el Interventor podrá autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos.

La ubicación de los puntos de medida se realizará al azar, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-730.

La profundidad media de textura deberá ser, cuando menos, igual a un milímetro (1.0 mm), sin que ningún valor individual sea inferior a ocho décimas de milímetro (0.8 mm) y sin que existan áreas con evidencias indudables de segregación.

Si este requisito no se cumple, la capa de mezcla abierta en frío correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías; el material fresado será propiedad del Constructor. Alternativamente y a opción del Constructor, y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, éste podrá colocar una capa adicional, a su costa, de cincuenta milímetros (50 mm) de espesor compacto, cumpliendo todos los requisitos de calidad de esta especificación. El riego de liga que se deba colocar para adherir las capas se deberá ejecutar en acuerdo al Artículo 421, también sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

441.5.2.4.6 Resistencia al deslizamiento

Una vez transcurridos, como mínimo, treinta (30) días de la puesta en servicio, se harán las determinaciones de la resistencia al deslizamiento sobre mezclas densas en frío construidas para servir como capas de rodadura.

Debido a que la resistencia al deslizamiento se encuentra relacionada directamente con la seguridad de los usuarios, los puntos para su determinación en cada lote no se elegirán al azar, sino que serán ubicados por el Interventor en los lugares que considere más sensibles al deslizamiento vehicular en condición de superficie húmeda.

Las medidas se realizarán con el péndulo británico, en acuerdo con la norma de ensayo INV E-792, en tres (3) puntos por lote en zonas en tangente y en uno (1) por cada curva horizontal y por cada zona singular (glorieta, intersección, zona de frenado, etc.) incluida dentro del lote y ninguna de ellas podrá presentar un valor inferior al límite indicado en la Tabla 441 - 5, de acuerdo con el tránsito de diseño y el tipo de sección.

En caso de que se presenten valores menores, el Interventor realizará medidas adicionales para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual deberá ser corregida por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. Para ello, la capa de mezcla abierta en frío correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, quedando el material fresado de propiedad del Constructor. Alternativamente y a opción del Constructor, y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, éste podrá colocar una capa adicional de una mezcla del mismo tipo, sin costo adicional

para el Instituto Nacional de Vías, de cincuenta milímetros (50 mm) de espesor compacto, cumpliendo todos los requisitos de calidad de esta especificación. El riego de liga que se deba colocar para adherir las capas se deberá ejecutar en acuerdo al Artículo 421, también sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Tabla 441 - 5. Valores mínimos admisibles del coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo británico

TIPO DE CAPA	COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO, MÍNIMO		
	NT1	NT2	NT3
Glorietas; curvas con radios menores de 200 metros; pendientes $\geq 5\%$ en longitudes de 100 metros o más; intersecciones; zonas de frenado frecuente.	0.50	0.55	0.60
Otras secciones	0.45	0.50	0.50

La resistencia al deslizamiento se puede verificar también con dispositivos de rueda parcialmente bloqueada (norma de ensayo INV E-815). En tal caso, la especificación particular indicará el equipo autorizado, así como los valores mínimos por alcanzar, los cuales deberán ser, cuando menos, equivalentes a los señalados en la Tabla 441 - 5 para el péndulo británico.

441.5.2.4.7 Regularidad superficial

Para mezclas abiertas en frío que hagan las veces de capa de rodadura, resultan aplicables las exigencias del numeral 440.5.2.6.8 del Artículo 440.

441.5.2.4.8 Construcción de capas de renivelación

Cuando una mezcla abierta en frío se emplee como capa de renivelación de un pavimento existente, deberá cumplir con los mismos requisitos que se exigen cuando se coloca como capa intermedia.

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

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

441.5.2.4.10 Medidas de deflexión

El Interventor verificará la solidez de la estructura construida al nivel de la capa de mezcla abierta en frío, realizando medidas de deflexión con la viga Benkelman, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-795. Los resultados de las medidas, que se realizarán en tresbolillo cada 20 metros, no constituirán base para aceptación o rechazo de la capa construida, sino que servirán al Instituto Nacional de Vías para verificar la homogeneidad de la estructura que se construye y realizar los ajustes que pudieran resultar necesarios al diseño estructural del pavimento.

Todas las áreas de mezcla abierta en frío colocada y compactada, donde los defectos de calidad y de terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deberán ser corregidas por el Constructor de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

441.6 MEDIDA

Rige lo descrito en el Artículo 400 y, en particular, en el numeral 400.6.2. Para bacheos, se aplicará lo especificado en el numeral 400.6.3 del mismo Artículo.

441.7 FORMA DE PAGO

Rige lo descrito en el Artículo 400 y, en particular, en el numeral 400.7.3.

Se excluyen del precio unitario el suministro y el almacenamiento de la emulsión para la mezcla, que se pagarán de acuerdo el Artículo 411.

441.8 ÍTEM DE PAGO

441.1 Mezcla abierta en frío tipo MAF-19	Metro cúbico (m ³)
441.2 Mezcla abierta en frío tipo MAF-25	Metro cúbico (m ³)
441.3 Mezcla abierta en frío tipo MAF-38	Metro cúbico (m ³)
441.4 Mezcla abierta en frío tipo MAF-38 para bacheo	Metro cúbico (m ³)

MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE DE GRADACIÓN CONTINUA (CONCRETO ASFÁLTICO)

ARTÍCULO 450 – 13

450.1 DESCRIPCIÓN

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

La Tabla 450 - 1 relaciona tres tipos de mezclas asfálticas de gradación continua, en función del tipo de granulometría; se incluyen también las mezclas de alto módulo, cuyo módulo resiliente, medido por medio de la norma de ensayo INV E-749 a la temperatura y frecuencia definidas para el proyecto, debe ser igual o superior a 10,000 MPa.

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

TIPO	DENOMINACIÓN
POR TIPO DE GRANULOMETRÍA	
- Mezclas densas	MDC
- Mezclas semidensas	MSC
- Mezclas gruesas	MGC
MEZCLAS ESPECIALES	
Mezclas de alto módulo	MAM

El presente Artículo no incluye las mezclas de reciclado en planta y en caliente de pavimento asfáltico, las cuales son consideradas en el Artículo 462.

La Tabla 450 - 2 presenta la denominación de las capas asfálticas en función de su posición dentro de la estructura. Los documentos del proyecto establecerán los tipos y calidades de las capas asfálticas que componen la estructura.

450.2 MATERIALES

450.2.1 Agregados pétreos y llenante mineral

450.2.1.1 Requisitos generales

Los agregados pétreos y el llenante mineral deberán satisfacer los requisitos del Artículo 400, numeral 400.2.1. Así mismo, deberán cumplir los requisitos de calidad mencionados en la Tabla 450 - 3.

Tabla 450 - 2. Denominación de las capas asfálticas en caliente de gradación continua

TIPO DE CAPA	DESCRIPCIÓN
Rodadura	Capa superior
Intermedia	Capa subyacente a la rodadura, en estructuras con 2 o más capas asfálticas
Base	Capa o capas subyacentes a la intermedia, en estructuras con 3 o más capas asfálticas

450.2.1.2 Agregado fino

La proporción de arena natural no podrá exceder los valores indicados en la Tabla 450 - 4.

450.2.1.3 Llenante mineral

El llenante mineral podrá provenir de los procesos de trituración y clasificación de los agregados pétreos, separándose de ellos por medio de los ciclones de la planta mezcladora, o podrá ser de aporte como producto comercial, generalmente cal hidratada o cemento hidráulico. La proporción de llenante mineral y los requisitos para el mismo deberán cumplir lo mencionado en la Tabla 450 - 5.

450.2.1.4 Granulometría

La granulometría del agregado obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones, incluido el llenante mineral, deberá estar comprendida dentro de alguna de las franjas fijadas en la Tabla 450 - 6. El análisis granulométrico se deberá efectuar de acuerdo con la norma INV E-213.

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

Tabla 450 - 3. Requisitos de los agregados para mezclas asfálticas en caliente de gradación continua

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO		
		NT1	NT2	NT3
Dureza, agregado grueso (O)				
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%)				
- Capa de: rodadura / intermedia / base, 500 revoluciones	E-218	25/35/-	25/35/35	25 / 35 / 35
- Capa de: rodadura / intermedia / base, 100 revoluciones		5/7/-	5/7/7	5/7/7
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238			
- Capa de: rodadura / intermedia / base			25/30/30	20/25/25
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos, capa de: rodadura / intermedia / base	E-224			
- Valor en seco, mínimo (kN)				110/90/75
- Relación húmedo/seco, mínima (%)				75/75/75
Coefficiente de pulimiento acelerado para rodadura, mínimo	E-232	0.45	0.45	0.45
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, agregados fino y grueso, máximo (%)	E-220	18	18	18
Limpieza, agregado grueso (F)				
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	E-237	0.5	0.5	0.5
Limpieza, gradación combinada (F)				
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	NP	NP	NP
Equivalente de arena, mínimo (%) (Nota 1)	E-133	50	50	50
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 1)	E-235	10	10	10
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)				
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%)	E-240	10	10	10
Caras fracturadas, mínimo (%)				
- Una cara: rodadura / intermedia / base	E-227	75/60/-	75/75/60	85/75/60
- Dos caras: rodadura / intermedia / base		-/-/-	60/-/-	70/-/-
Geometría de las partículas, agregado fino (F)				
Angularidad de la fracción fina, método A, mínimo (%)	E-239			
- Capa de: rodadura / intermedia / base		40/35/-	45/40/35	45/40/35
Adhesividad (O)				

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO		
		NT1	NT2	NT3
- Agregado grueso: Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo (%)	E-757	Reportar		
- Agregado fino: adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método riedel-weber), índice mínimo	E-774	4		

Nota 1: El equivalente de arena será el del agregado finalmente obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones (incluido el llenante mineral), según las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo y antes de pasar por el secador de la planta mezcladora. En caso de que no se cumpla el valor mínimo señalado en la tabla, el agregado se aceptará si su equivalente de arena, medido en las mismas condiciones, es superior a 40 % y, simultáneamente, el valor de azul de metileno, determinado mediante la norma de ensayo INV E- 235, es inferior a diez (10).

Nota 2: La determinación del valor de azul de metileno no es obligatoria si el equivalente de arena cumple con el valor mínimo señalado en la tabla.

Tabla 450 - 4. Proporción máxima de arena natural en el agregado para mezclas asfálticas en caliente de gradación continua

CARACTERÍSTICA	NIVEL DE TRÁNSITO		
	NT1	NT2	NT3
Proporción de arena natural: % de la masa total del agregado combinado	≤ 25	≤ 25	≤ 15
Proporción de arena natural: % de la masa total del agregado fino	≤ 50		

Tabla 450 - 5. Proporción y requisitos del llenante mineral

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO		
		NT1	NT2	NT3
Proporción de llenante mineral de aporte: (% en masa del llenante total)	-			
- Capa de rodadura		-	≥ 25	≥ 50
- Capa intermedia		-	≥ 25	≥ 50
- Capa de base		-	-	≥ 25
Granulometría del llenante mineral de aporte:	E -215			
- % que pasa tamiz 425 µm (No. 40)		100		
- % que pasa tamiz 150 µm (No. 100)		> 90		
- % que pasa tamiz 75 µm (No. 200)		> 75		

Densidad bulk (g/cm ³)	E-225	0.5 a 0.8	
Vacíos del llenante seco compactado (%)	E-229	-	≥ 38

El tipo de mezcla asfáltica en caliente por emplear dependerá del tipo y del espesor compacto de la capa asfáltica y se definirá en los documentos del proyecto, siguiendo los criterios de la Tabla 450 - 7.

Tabla 450 - 6. Franjas granulométricas para mezclas asfálticas en caliente de gradación continua

TIPO DE MEZCLA		TAMIZ (mm / U.S. Standard)									
		37.5 1 1/2"	25.0 1"	19.0 3/4"	12.5 1/2"	9.5 3/8"	4.75 No. 4	2.00 No. 10	0.425 No. 40	0.180 No. 80	0.075 No. 200
		% PASA									
DENSA	MDC-25		100	80-95	67-85	60-77	43-59	29-45	14-25	8-17	4-8
	MDC-19			100	80-95	70-88	49-65	29-45	14-25	8-17	4-8
	MDC-10					100	65-87	43-61	16-29	9-19	5-10
SEMIDENSA	MSC-25		100	80-95	65-80	55-70	40-55	24-38	9-20	6-12	3-7
	MSC-19			100	80-95	65-80	40-55	24-38	9-20	6-12	3-7
GRUESA	MGC-38	100	75-95	65-85	47-67	40-60	28-46	17-32	7-17	4-11	2-6
	MGC-25		100	75-95	55-75	40-60	28-46	17-32	7-17	4-11	2-6
ALTO MÓDULO	MAM -25		100	80-95	65-80	55-70	40-55	24-38	10-20	8-14	6-9
TOLERANCIAS EN PRODUCCIÓN SOBRE LA FÓRMULA DE TRABAJO (±)		4 %					3 %			2 %	

Tabla 450 - 7. Tipo de mezcla por utilizar en función del tipo y espesor compacto de la capa

TIPO DE CAPA	ESPESOR COMPACTO (mm)	TIPO DE MEZCLA
Rodadura	30 – 40	MDC-10
	40 – 60	MDC-19, MSC-19
	> 60	MDC-25, MDC-19, MSC-19
Intermedia	> 50	MDC-25, MSC-25
Base	> 75	MSC-25, MGC-38, MGC-25
Alto módulo	60 - 130	MAM-25
Bacheos	50 – 75	MSC-25, MGC-25
	> 75	MSC-25, MGC-38, MGC-25

450.2.2 Material bituminoso

El material bituminoso para elaborar la mezcla en caliente será seleccionado en función de:

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

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

- Asfalto convencional, con denominaciones 40-50, 60-70 u 80-100 según se definen en el Artículo 410;
- Asfalto modificado con polímeros, con Tipo II (IIa y IIb), Tipo III y Tipo V según se definen en el Artículo 414.

En términos generales, se podrán tomar como guía para la selección del tipo de asfalto las indicaciones de la Tabla 450 - 8; los asfaltos deberán cumplir con los requisitos de calidad establecidos en los Artículos 410 o 414, según corresponda.

Tabla 450 - 8. Tipo de asfalto por emplear en mezclas asfálticas en caliente de gradación continua

TIPO DE CAPA	NT 1			NT 2			NT 3		
	TEMPERATURA MEDIA ANUAL DE LA REGIÓN (° C)								
	> 24	15-24	< 15	> 24	15-24	< 15	> 24	15-24	< 15
Rodadura e Intermedia	60-70	60-70 u 80-100	80-100	60-70	60-70 u 80-100	80-100	40-50 60-70 o Tipo II (a o b) o Tipo III	40-50 60-70 o Tipo II (a o b)	60-70 80-100 o Tipo IIb
Base	NA			60-70 u 80-100	60-70 u 80-100	80-100	60-70	60-70 u 80-100	80-100
Alto Módulo	NA			NA			Tipo V		

Nota 1: Para una temperatura menor de 15° C y tránsito NT3, los documentos del proyecto podrán recomendar un cemento asfáltico de grado de penetración 60-70, si se considera que el tránsito es extremadamente agresivo. Bajo una consideración similar se puede emplear el cemento asfáltico modificado con polímeros Tipo III para el mismo nivel de tránsito y temperaturas de 24° C o menores.

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

Cuando se requieran, deberán cumplir con los requisitos del Artículo 412. Los aditivos por emplear deberán ser recomendados y suministrados por el Constructor y su dosificación y dispersión homogénea deberán tener la aprobación del Interventor.

El Constructor deberá garantizar que su incorporación no producirá ningún efecto nocivo a los agregados, al ligante asfáltico o a la mezcla. Cualquier efecto adverso en el comportamiento del pavimento que se derive del empleo del aditivo, será de responsabilidad exclusiva del Constructor, quien deberá efectuar todas las reparaciones que requiera la mezcla compactada, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor.

450.2.4 Aditivos para modificar la reología

En caso de que el Constructor proponga la incorporación de productos modificadores de la reología de una mezcla en caliente elaborada con cemento asfáltico convencional, fibras por ejemplo, deberá presentar los estudios técnicos que determinen su dosificación, así como la del ligante utilizado, de manera que el comportamiento de la mezcla sea semejante al que se obtendría al emplear un cemento asfáltico modificado con polímeros. Su uso deberá contar con la aprobación del Interventor.

450.3 EQUIPO

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

450.4 EJECUCION DE LOS TRABAJOS

450.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el Artículo 105, “Desarrollo y control de los trabajos”, numeral 105.13.3.

450.4.2 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo**450.4.2.1 Generalidades**

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

450.4.2.2 Diseño de la mezcla

Las mezclas en caliente objeto del presente Artículo se diseñarán por el método Marshall, siguiendo los pasos descritos en la Tabla 450 - 9.

Tabla 450 - 9. Pasos a seguir para el diseño de mezclas asfálticas en caliente de gradación continua

PASOS	DESCRIPCIÓN	NUMERAL
Diseño preliminar	<ul style="list-style-type: none"> - Estabilidad y flujo Marshall - Propiedades volumétricas 	450.4.2.2.1
Verificación del diseño preliminar	<ul style="list-style-type: none"> - Adherencia - Resistencia al ahuellamiento - Módulo resiliente - Resistencia a la fatiga 	450.4.2.2.2

450.4.2.2.1 Diseño preliminar

Los criterios para la definición preliminar del porcentaje óptimo de asfalto de la mezcla son los indicados en la Tabla 450 - 10.

450.4.2.2.2 Verificación del diseño preliminar

El diseño preliminar que cumpla los requisitos de la Tabla 450 - 10 se deberá someter a las pruebas de verificación relacionadas en la Tabla 450 - 11 y cumplir los requisitos allí establecidos. La verificación se deberá adelantar en la secuencia indicada en esta tabla; las probetas se elaborarán con la mezcla definida como óptima en el diseño preliminar mencionado en el numeral anterior.

450.4.2.2.1 Adherencia

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

Tabla 450 - 10. Criterios para el diseño preliminar de la mezcla asfáltica en caliente de gradación continua por el método Marshall

CARACTERÍSTICA		NORMA ENSAYO INV	MEZCLAS DENSAS, SEMIDENSAS Y GRUESAS			MEZCLA DE ALTO MÓDULO
			CATEGORÍA DE TRÁNSITO			
			NT1	NT2	NT3	
Compactación (golpes/cara)		E-748 (E-800) (Nota 1)	50	75 (112)	75 (112)	75
Estabilidad mínima (N)			5,000	7,500 (16,875)	9,000 (33,750)	15,000
Flujo(mm) (Nota 2)			2.0 a 4.0	2.0 a 4.0 (3.0 a 6.0)	2.0 a 3.5 (3.0 a 5.3)	2.0 a 3.0
Relación Estabilidad / Flujo (kN/mm)			2.0 a 4.0	3.0 a 5.0 (4.5 a 7.5)	3.0 a 6.0 (4.5 a 9.0)	-
Vacíos con aire (V _a),% (Nota 3)	Rodadura	E-736	3.0 a 5.0	3.0 a 5.0	4.0 a 6.0	NA
	Intermedia	o	4.0 a 8.0	4.0 a 7.0	4.0 a 7.0	4.0 a 6.0
	Base	E-799	NA	5.0 a 8.0	5.0 a 8.0	4.0 a 6.0
Vacíos en los agregados minerales (VAM), % mínimo	T. Máx. 38 mm	E-799	13.0			-
	T. Máx. 25 mm		14.0			14.0
	T. Máx. 19 mm		15.0			-
	T. Máx. 10 mm		16.0			-
Vacíos llenos de asfalto (VFA), %		E-799	65 a 80	65 a 78	65 a 75	63 a 75
Relación Llenante / Ligante efectivo, en peso		E-799	0.8 a 1.2			1.2 a 1.4
Concentración de llenante, valor máximo		E-745	Valor crítico			
Evaluación de propiedades de empaquetamiento por el método Bailey		-	Reportar			
Espesor promedio de película de asfalto, mínimo μm		E-741	7.5			

Nota 1: Se deberá usar la norma de ensayo ENV E-800 en lugar de la INV E-748 cuando los agregados tengan un tamaño máximo superior a 25mm (1"). Los valores entre paréntesis corresponden a ensayos efectuados de acuerdo con la norma INV E-800.

Nota 2: Para mezclas elaboradas con asfaltos modificados con polímeros, se podrá aceptar un valor de flujo mayor (hasta 5.0 mm) .En cualquier caso, se deberá cumplir el requisito establecido en la respectiva columna de la tabla para la relación Estabilidad/Flujo

Nota 3: Para bacheos en capas de 50 a 75 mm de espesor se exigirán los requisitos de vacíos con aire de "intermedia" y para los de capas de más de 75 mm se exigirán los requisitos para "base". Si se llegase a efectuar un bacheo con mezcla asfáltica en caliente en espesor mayor de 75 mm en una vía cuyo tránsito de proyecto es NT1, se aplicará el criterio de vacíos con aire para las capas de "base" con tránsito NT2 (5 % - 8 %).

Tabla 450 - 11. Verificación del diseño Marshall

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO INV	VALOR	APLICABILIDAD
Adherencia: Resistencia retenida, % mínimo	E-725	80	Todas las mezclas
Resistencia a la deformación plástica: velocidad máxima de deformación en el intervalo de 105 a 120 minutos, $\mu\text{m}/\text{min}$.	E-756	15	- Tránsito NT3: para capas de rodadura e intermedia
- Temperatura media anual del aire $> 24^{\circ}\text{C}$ - Temperatura media anual del aire $\leq 24^{\circ}\text{C}$		20	- Mezclas de alto módulo
Módulo resiliente, MPa	E-749	10,000	- Mezclas de alto módulo
- Mezclas de alto módulo compactadas con 75 golpes por cara, valor mínimo a 20°C - Otras mezclas		(Nota 1)	- Opcional para otras mezclas, según documentos del proyecto
Leyes de fatiga	E-808 E-784 E-808	100	- Obligatorio para mezclas de alto módulo
- Mezclas de alto módulo: ensayo a 20°C y 30 Hz, ϵ_6 mínimo ($\mu\text{m}/\text{m}$) - Otras mezclas		(Nota 1)	- Opcional para otras mezclas, según documentos del proyecto

Nota 1: los documentos del proyecto podrán establecer los valores que deben cumplir los ensayos.

450.4.2.2.2 Resistencia a la deformación plástica

Para el control de la resistencia de la mezcla a la deformación plástica se podrán emplear otros métodos de pista de ensayo de laboratorio contemplados en la norma europea EN-12697-22, caso en el cual los

criterios de aceptación se deberán definir con base en especificaciones internacionales de comprobada aceptación.

450.4.2.2.3 Módulo resiliente

La determinación del módulo resiliente es obligatoria para las mezclas de alto módulo. Así mismo, los documentos del contrato pueden establecer la necesidad de efectuar ensayos de módulo resiliente para otras mezclas, y fijar valores mínimos o máximos para ellas.

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

Las probetas que se sometan a este ensayo deberán ser elaboradas con una mezcla sometida a envejecimiento previo según la norma de ensayo AASHTO R-30. Si este valor de módulo no se cumple, será necesario rediseñar la mezcla hasta lograr su cumplimiento.

Alternativamente, el módulo podrá ser determinado mediante alguno de los procedimientos de ensayo definidos en la norma europea EN-12697-26, cuyo resultado debe ser equivalente al definido para la norma INV E-749 (10,000 MPa, para mezclas de alto módulo). En este caso, se deberán utilizar equivalencias internacionalmente comprobadas entre los resultados de los ensayos; las probetas deberán ser acondicionadas en las mismas condiciones descritas en el párrafo anterior.

450.4.2.2.2.4 Leyes de fatiga

La determinación de la ley de fatiga es obligatoria para las mezclas de alto módulo. Los documentos del contrato pueden establecer que otras mezclas óptimas sean verificadas con la medida de sus leyes de fatiga, aplicando alguno de los procedimientos de ensayo de las normas INV E-784 o E-808; también, se podrán emplear otros de reconocida aceptación, como los descritos en la norma europea EN-12697-24. Los ensayos se realizarán bajo condiciones de densidad, temperatura y frecuencia representativas de las condiciones reales de operación del pavimento, las cuales deberán estar estipuladas en los documentos técnicos del proyecto. Las probetas que se sometan a este ensayo deberán ser elaboradas con una mezcla sometida a envejecimiento previo según la norma de ensayo AASHTO R-30.

Aunque los resultados de los ensayos de fatiga no tienen por finalidad la aceptación o el rechazo de la mezcla por parte del Interventor, salvo en el caso de las mezclas de alto módulo y en aquellas que indiquen los documentos del proyecto, el Constructor deberá asegurar que las leyes de fatiga de las mezclas que elabore sean adecuadas para las necesidades de tránsito del proyecto donde se utilizará, por cuanto será de su entera y única responsabilidad cualquier deterioro prematuro atribuible exclusivamente a la fatiga de las capas asfálticas, durante el período de garantía de estabilidad de la obra.

450.4.2.2.3 Ajuste de la fórmula de trabajo

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

450.4.3 Preparación de la superficie existente

La mezcla no se extenderá hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan de las tolerancias establecidas en la especificación respectiva, deberán ser corregidas de acuerdo con lo establecido en ella.

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

Antes de aplicar la mezcla, se verificará que haya ocurrido el curado del riego previo, no debiendo quedar restos de fluidificante ni de agua en la superficie. Si hubiera transcurrido mucho tiempo desde la aplicación del riego, se comprobará que su capacidad de liga con la mezcla no se haya mermado en forma perjudicial; si ello ha sucedido, el Constructor deberá efectuar un riego adicional de adherencia, en la cuantía que fije el Interventor. Si la pérdida de efectividad del riego anterior es imputable al Constructor, el nuevo riego deberá realizarlo sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Las excavaciones para bacheo, así como las operaciones de relleno con los materiales adecuados para restablecer el nivel actual, se ejecutarán de acuerdo con las indicaciones del Artículo 465 para la excavación y de los Artículos que correspondan a los materiales empleados en el relleno de la misma.

Si la superficie sobre la cual se va a colocar la mezcla corresponde a un pavimento asfáltico antiguo que, de acuerdo con los estudios del proyecto

o el criterio del Interventor, requiere un fresado previo, éste se realizará conforme se establece en el Artículo 460.

450.4.4 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 400.4.3 del Artículo 400.

450.4.5 Aprovechamiento de los agregados

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

Cada fracción del agregado se acopiará separada de las demás, para evitar intercontaminaciones. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se utilizarán los quince centímetros (15 cm) inferiores de los mismos. Los acopios se construirán por capas de espesor no superior a un metro y medio (1.5 m), y no por montones cónicos. Las cargas del material se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

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

450.4.6 Fabricación de la mezcla asfáltica

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

Las aberturas de salida de las tolvas en frío se regularán en forma tal, que la mezcla de todos los agregados se ajuste a la fórmula de obra de la

alimentación en frío. El caudal total de esta mezcla en frío se regulará de acuerdo con la producción prevista, debiéndose mantener constante la alimentación del secador.

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

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

En las plantas de tipo discontinuo, se deberá comprobar que la unidad clasificadora en caliente proporcione a las tolvas en caliente agregados homogéneos; en caso contrario, se tomarán las medidas necesarias para corregir la heterogeneidad.

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

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

El volumen de materiales en el mezclador no será tan grande que sobrepase los extremos de las paletas, cuando éstas se encuentren en

posición vertical, siendo recomendable que no supere los dos tercios (2/3) de su altura, de forma que se logre una envuelta completa y uniforme para los tiempos de mezclado establecidos en la fórmula de trabajo.

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

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

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

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

450.4.7 Transporte de la mezcla

La mezcla se transportará a la obra en volquetas carpadas, hasta una hora del día en que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar correctamente con luz solar. Sólo se permitirá el trabajo en horas de la noche si, a juicio del Interventor, existe una iluminación artificial que permita la extensión y la compactación de manera adecuada.

Durante el transporte de la mezcla se deberán tomar las precauciones necesarias para que al descargarla en el equipo de transferencia o en la

máquina pavimentadora, su temperatura no sea inferior a la mínima que se determine como aceptable durante la fase de experimentación.

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

450.4.8 Transferencia de la mezcla

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

450.4.9 Extensión de la mezcla

La mezcla recibida de la volqueta o de la máquina de transferencia será extendida por la máquina pavimentadora, de modo que se cumplan los alineamientos, anchos y espesores señalados en los planos o determinados por el Interventor.

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

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

La pavimentadora se regulará de manera que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin arrastres ni segregaciones, y con un espesor tal que, luego de compactada, se ajuste a la rasante y a la sección transversal indicada en los planos, con las tolerancias establecidas en la presente especificación. Por ningún motivo se permitirá el empleo de máquinas pavimentadoras que dejen marcas o depresiones en la superficie u otros defectos permanentes en ella.

Tampoco se permitirá la segregación de la mezcla. Si ella ocurre, la extensión de la mezcla deberá ser suspendida inmediatamente, hasta que su causa sea determinada y corregida. Toda área segregada que no sea corregida antes de la compactación, deberá ser removida y reemplazada con material apropiado, a expensas del Constructor.

La extensión de la mezcla se realizará con la mayor continuidad posible, ajustando la velocidad de la pavimentadora a la producción de la planta de fabricación, de manera que aquella sufra el menor número posible de detenciones.

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

En los sitios en los que a juicio del Interventor no resulte posible el empleo de máquinas pavimentadoras, la mezcla se podrá extender a mano. La mezcla se descargará fuera de la zona que se vaya a pavimentar, y se distribuirá en los lugares correspondientes por medio de palas y rastrillos calientes, en una capa uniforme y de espesor tal que, una vez compactada, se ajuste a los planos o a las instrucciones del Interventor, con las tolerancias establecidas en la presente especificación.

450.4.10 Compactación de la mezcla

La compactación se realizará según el plan aprobado por el Interventor como resultado de la fase de experimentación. Deberá comenzar, una vez extendida la mezcla, a la temperatura más alta posible con que ella pueda

soportar la carga a que se somete, sin que se produzcan agrietamientos o desplazamientos indebidos.

La compactación se realizará longitudinalmente de manera continua y sistemática. Deberá empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas en donde el cilindrado avanzará del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma aprobada por el Interventor, hasta que la superficie total haya sido compactada. Si la extensión de la mezcla se ha realizado por franjas, al compactar una de ellas se ampliará la zona de compactación para que incluya al menos quince centímetros (15 cm) de la anterior.

Los rodillos deberán llevar su rueda motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el Interventor, y sus cambios de dirección se harán sobre la mezcla ya compactada. Los elementos de compactación deberán estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos. No se permitirán, sin embargo, excesos de agua.

Se tendrá cuidado al compactar para no desplazar los bordes de la mezcla extendida; aquellos que formarán los bordes exteriores del pavimento terminado, serán chaflanados ligeramente.

La compactación se deberá realizar de manera continua durante la jornada de trabajo y se complementará con el trabajo manual mínimo necesario para la corrección de todas las irregularidades que se puedan presentar.

La compactación se continuará mientras la mezcla se encuentre en condiciones de ser compactada hasta alcanzar los niveles de densidad prescritos en este Artículo y se concluirá con un apisonado final con un equipo liso que borre las huellas dejadas por los compactadores precedentes.

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

450.4.11 Juntas de trabajo

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

Las juntas entre pavimentos nuevos y viejos, o entre trabajos realizados en días sucesivos, se deberán cuidar, con el fin de asegurar su perfecta adherencia. A todas las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad, se les aplicará una capa uniforme y ligera de riego de liga antes de colocar la mezcla nueva, dejándola curar suficientemente.

El borde de la capa extendida con anterioridad se cortará verticalmente con el fin de dejar al descubierto una superficie plana y vertical en todo su espesor, que se pintará como se ha indicado en el párrafo anterior. La nueva mezcla se extenderá contra la junta y se compactará y alisará con elementos adecuados, antes de permitir el paso sobre ella del equipo de compactación.

Las juntas transversales en la capa de rodadura se compactarán transversalmente.

Cuando los bordes de las juntas longitudinales sean irregulares, presenten huecos o estén deficientemente compactados, se deberán cortar para dejar al descubierto una superficie lisa vertical en todo el espesor de la capa. Donde el Interventor lo considere necesario, se añadirá mezcla que, después de colocada y compactada con pisones, se compactará mecánicamente.

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

La junta longitudinal se deberá calentar luego de la rotura de la emulsión del riego de liga, previamente a la extensión de la siguiente franja contra ella.

450.4.12 Pavimento sobre puentes y viaductos

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

Durante la ejecución del riego de liga y la extensión de la mezcla asfáltica, el Constructor deberá defender con lonas, papel o similares, todas aquellas partes de los puentes y viaductos que puedan ser alcanzadas por el material bituminoso. El Constructor será responsable por cualquier daño que causen las operaciones de sus equipos y, en consecuencia, todos los trabajos de reparación y limpieza correrán por su cuenta.

450.4.13 Bacheos

Cuando se haya efectuado una excavación para la reparación de un pavimento asfáltico convencional (constituido por capas asfálticas densas, base granular y subbase granular), con una profundidad mayor de ciento cincuenta milímetros (150 mm) y se tenga contemplado en el proyecto el empleo de las mezclas asfálticas en caliente del presente Artículo para efectuar parte del relleno de la excavación, los setenta y cinco milímetros (75 mm) superiores, hasta alcanzar el nivel de rasante del pavimento que se repara, se deberán rellenar con una mezcla asfáltica en caliente de uno de los tipos señalados en la Tabla 450 - 7.

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

En todos los casos, las capas deberán ser compactadas con equipos adecuados, hasta lograr los niveles de densidad prescritos en este Artículo.

Tanto la superficie que recibirá las capas asfálticas como las paredes de la excavación en contacto con ellas, deberán ser pintadas con un riego de liga con emulsión asfáltica, conforme a las instrucciones del Interventor.

Debido a que algunos pavimentos asfálticos de la red vial nacional tienen estructuras muy gruesas y complejas, por cuanto han sido sometidos durante el tiempo a varias intervenciones de rehabilitación, el tipo y los espesores de las mezclas asfálticas en caliente para las operaciones de bacheo que se realicen en ellos se deberán definir en los documentos del respectivo proyecto o, en su defecto, deberán ser establecidos por el Interventor, de acuerdo con las circunstancias específicas de cada obra.

450.4.14 Apertura al tránsito

Alcanzada la densidad exigida, el tramo pavimentado se podrá abrir al tránsito tan pronto la capa alcance la temperatura ambiente en todo su espesor. Por ningún motivo se permitirá la acción de cualquier tipo de tránsito sobre las capas en ejecución.

450.4.15 Limitaciones en la ejecución

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

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

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

450.4.16 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

450.4.17 Reparaciones

Todos los defectos no advertidos durante la colocación y compactación, tales como protuberancias, juntas irregulares, depresiones, irregularidades de alineamiento y de nivel, deberán ser corregidos por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor. El Constructor deberá proporcionar trabajadores competentes, capaces de ejecutar a satisfacción el trabajo eventual de correcciones en todas las irregularidades del pavimento construido.

450.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

450.5.1 Controles

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

450.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

450.5.2.1 Calidad del cemento asfáltico

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

450.5.2.2 Calidad de los agregados pétreos y del llenante mineral

450.5.2.2.1 Aprobación inicial

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deberán realizar los ensayos que se encuentran indicados en la Tabla 450 - 3.

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

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

450.5.2.2.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, se ordenará acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas, y vigilará la altura de

todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, se efectuarán las verificaciones de calidad indicadas en la Tabla 450 - 12 para los agregados grueso y fino y en la Tabla 450 - 13 para el llenante mineral de aporte.

Tabla 450 - 12. Ensayos de verificación sobre los agregados para mezclas en caliente de gradación continua

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos	E-224	1 por mes
Coefficiente de pulimiento acelerado para rodadura	E-232	Cuando cambie la procedencia de los agregados
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza, agregado grueso (F)		
Impurezas en agregado grueso	E-237	1 por semana
Limpieza, gradación combinada (F)		
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana
Valor de azul de metileno (Nota 1)	E-235	1 por semana
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)		
Índices de alargamiento y aplanamiento	E-230	1 por semana
Partículas planas y alargadas, relación 5:1	E-240	1 por semana
Caras fracturadas	E-227	1 por jornada
Geometría de las partículas, agregado fino (F)		
Angularidad de la fracción fina, método A	E-239	1 por jornada
Adhesividad, gradación (O)		
- Agregado grueso: Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo	E-757	Cuando cambie la procedencia de los agregados
- Agregado fino: adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método Riedel-Weber)	E-739	

Nota 1: En caso de que se requiera, según se indica en el numeral 450.2.1.

Tabla 450 - 13. Ensayos de verificación sobre el llenante mineral de aporte para mezclas en caliente de gradación continua

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Granulometría	E-123	1 por suministro
Densidad bulk	E-225	1 vez a la semana y siempre que cambie la procedencia del llenante

El Interventor podrá autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en las Tablas 450 - 12 y 450 - 13, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En ningún caso se permitirá el empleo de agregados minerales que no satisfagan los requisitos pertinentes del numeral 450.2.1. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado insatisfactorio, se tomarán dos muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos de comprobación deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

450.5.2.3 Composición de la mezcla

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

Cuantitativamente, se realizarán los siguientes controles:

450.5.2.3.1 Contenido de asfalto

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

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART%) tendrá una tolerancia de tres por mil (0.3 %), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (ARF%).

$$\text{ARF\%} - 0.3 \% \leq \text{ART\%} \leq \text{ARF\%} + 0.3 \% \quad [450.1]$$

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI %), no podrá diferir del valor promedio (ART %) en más de medio por ciento (0.5 %), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$\text{ART\%} - 0.5 \% \leq \text{ARI\%} \leq \text{ART\%} + 0.5 \% \quad [450.2]$$

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

En caso de rechazo, la capa de mezcla en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

450.5.2.3.2 Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados según la norma de ensayo INV E-782. La curva granulométrica de cada ensayo individual deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la Tabla 450 - 6, pero sin permitir que la curva se salga de la franja.

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

En caso de rechazo, la capa de mezcla en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

450.5.2.4 Calidad de la mezcla

450.5.2.4.1 Vacíos con aire de probetas compactadas

Con un mínimo de dos (2) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, se compactarán probetas (dos por muestra) para verificar en el laboratorio su gravedad específica bulk (normas INV E-733 o INV E-802), y su estabilidad y flujo en el ensayo Marshall (normas INV E-748 o INV E-800, según corresponda). La compactación se hará aplicando en número de

golpes indicado en la Tabla 450 - 10, de acuerdo con el nivel de tránsito de diseño.

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

Para cada una de las probetas se calcularán los vacíos con aire mediante la norma de ensayo INV E-736, a partir de su gravedad específica bulk y de la gravedad específica máxima de la muestra representativa del lote. El valor promedio de los vacíos con aire de las cuatro (4) probetas se deberá encontrar en el rango establecido en la Tabla 450 - 10, sin que ningún valor individual se pueda alejar en más de medio por ciento (0.5 %) de los límites del rango.

El incumplimiento de alguna de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las muestras, sin que sea necesario hacer verificaciones de estabilidad y flujo. En este caso, la capa de mezcla en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

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

450.5.2.4.2 Estabilidad

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

$$E_m \geq 0.90 E_t$$

[450.3]

Ningún valor individual (E_i) podrá exceder en más de veinticinco por ciento (25 %) el valor de estabilidad de la fórmula de trabajo (E_t), ni encontrarse por debajo del valor mínimo establecido en la Tabla 450 - 10.

$1.25 E_t \geq E_i \geq$ valor mínimo
Tabla 450 - 10

[450.4]

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

$E_i \geq 0.80 E_m$

[450.5]

El incumplimiento de al menos una de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las muestras. En este caso, la capa de mezcla en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

450.5.2.4.3 Flujo

El flujo medio de las probetas sometidas al ensayo de estabilidad (F_m) se deberá encontrar entre el ochenta por ciento (80 %) y el ciento veinte por ciento (120 %) del valor obtenido en la mezcla aprobada como fórmula de trabajo (F_t), pero no se permitirá que su valor se encuentre por fuera de los límites establecidos en la Tabla 450 - 10.

$0.80 F_t \leq F_m \leq 1.20 F_t$

[450.6]

Si el flujo medio se encuentra dentro del rango establecido en la Tabla 450 - 10, pero no satisface la exigencia recién indicada en relación con el valor obtenido al determinar la fórmula de trabajo, el Interventor decidirá, al compararlo con las estabilidades, si el lote debe ser rechazado o aceptado.

450.5.2.4.4 Relación estabilidad / flujo

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

Los valores obtenidos se deberán encontrar dentro de los límites establecidos en la Tabla 450 - 10, según el tránsito de diseño de la vía para la cual se está elaborando la mezcla. Si al menos uno de los valores calculados queda por fuera de dichos límites, se rechazará el lote, así los valores individuales de estabilidad y de flujo sean satisfactorios.

En caso de rechazo, la capa de mezcla en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

450.5.2.4.5 Susceptibilidad a la humedad

Cada vez que el Interventor lo considere conveniente, de acuerdo con el aspecto y comportamiento de la mezcla colocada, se verificará en el laboratorio la susceptibilidad de la mezcla compactada a la acción del agua, empleando el ensayo de tracción indirecta descrito en la norma de ensayo INV E-725.

Al efecto, se moldearán seis (6) probetas con la mezcla que se está elaborando, tres (3) de las cuales se curarán en seco y tres (3) bajo condición húmeda,

determinándose la resistencia promedio de cada grupo como lo establece la norma. La resistencia del grupo curado en húmedo deberá ser, cuando menos, ochenta por ciento (80 %) de la resistencia del grupo curado en seco, para que se considere que la mezcla es resistente a la humedad.

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

450.5.2.4.6 Contenido de agua

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

El contenido de agua en cualquier mezcla asfáltica en caliente no podrá ser mayor de medio por ciento (0.5 %). Los volúmenes de mezcla que no cumplan con este requisito serán rechazados.

450.5.2.4.7 Módulo resiliente

Sobre las mezclas asfálticas de alto módulo se deberá determinar el módulo resiliente, según la norma de ensayo INV E-749. La prueba deberá ser realizada por duplicado, sobre probetas tipo Marshall, compactadas con 75 golpes por cara, a la temperatura y frecuencia indicadas en el numeral

450.4.2.2.3. El valor promedio obtenido deberá ser, como mínimo, 10,000 MPa.

Alternativamente, el módulo podrá ser medido mediante alguno de los procedimientos de ensayo definidos en la norma europea EN-12697-26, conservando las condiciones de elaboración de probetas, la frecuencia y la temperatura de ensayo; el valor de módulo obtenido deberá ser equivalente al de diez mil megapascuales (10,000 MPa), definido para la norma INV E-749. En este caso, se deberán utilizar ecuaciones de equivalencia debidamente comprobadas entre los resultados de los ensayos.

Este control se realizará a razón de un juego de ensayos por (i) cada quinientos metros cúbicos (500 m³) de mezcla compactada o por (ii) el volumen total compactado, si la obra contempla la construcción de un volumen total inferior a dicha cantidad.

En el caso de estas verificaciones, el Interventor deberá conservar suficientes probetas adicionales para ulteriores ensayos de contraste, los cuales se realizarán en caso de que los resultados de las pruebas iniciales indiquen que no se cumple el valor mínimo de diez mil megapascuales (10,000 MPa), bajo las condiciones de ensayo recién descritas.

Los ensayos de contraste se realizarán sobre un número de probetas no inferior al doble de las utilizadas para la primera verificación y el valor promedio del módulo resiliente de ellas deberá ser mayor de diez mil megapascuales (10,000 MPa). Si este valor mínimo no se cumple, el volumen de mezcla objeto del control será rechazado y el Constructor deberá fresarlo y retirarlo, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, y reemplazarlo por otro de calidad satisfactoria. El material fresado será propiedad del Constructor.

Si las especificaciones particulares establecen requisitos sobre módulos resilientes para otras mezclas del proyecto, se deberá seguir un proceso de verificación similar al mencionado para las mezclas de alto módulo.

450.5.2.5 Calidad del producto terminado

450.5.2.5.1 Tamaño del lote

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

- Quinientos metros lineales (500 m) de mezcla en caliente colocada en todo el ancho de la calzada;
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de mezcla en caliente colocada;
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

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

450.5.2.5.2 Aspectos generales

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

La cota de cualquier punto de la mezcla asfáltica compactada en capas de base, no deberá variar en más de quince milímetros (15 mm) de la proyectada y la variación no podrá exceder de diez milímetros

(10 mm) cuando se trate de capas intermedia y de rodadura.

Todas las áreas donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, así como aquellas en que se presente retención de agua en la superficie, deberán ser corregidas por el Constructor de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Además, se deberán realizar las siguientes verificaciones:

450.5.2.5.3 Compactación

La determinación de la densidad de la capa compactada se realizará, como mínimo, en cinco (5) sitios por lote. Los sitios para la toma de muestras o las mediciones in situ se elegirán al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

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

$$GC_i = \frac{D_i}{G_{mm} \times \gamma_w} \times 100 \quad [450.7]$$

Siendo:

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

D_i : Valor individual de la densidad en el terreno, determinado por alguno de los métodos

descritos en las normas INV E-733, E-734, E-746, E-787 o E-802;

G_{mm} : Valor de la gravedad específica máxima de la mezcla, determinada mediante las normas de ensayo INV E-735 o INV E-803 sobre una muestra representativa del lote, según el numeral 450.5.2.4.1;

γ_w : Densidad del agua a 25° C (77° F), expresada en las mismas unidades que D_i (997.0 kg/m³ o 0.997 g/cm³).

Para el control de la compactación se aplicarán los siguientes criterios:

$GC_i(90) \geq GC_{mín}$	se acepta el lote	[450.8]
--------------------------	-------------------	---------

$GC_i(90) < GC_{mín}$	se rechaza el lote	[450.9]
-----------------------	--------------------	---------

Siendo:

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

$GC_{mín}$: Grado de compactación mínimo, en porcentaje, según la Tabla 450 - 14.

Para los fines de determinar la conformidad con los valores indicados en la Tabla 450 - 14, el valor calculado del grado de compactación, expresado en porcentaje, se deberá redondear al primer decimal,

en acuerdo con el método del redondeo de la norma INV E-823.

La toma de muestras testigo se hará de acuerdo con la norma INV E-758.

Sólo se aceptará la determinación de la densidad de la capa compactada por medio de densímetros nucleares (norma de ensayo INV E-746) si se garantiza, sin lugar a ninguna duda, que la medición del aparato abarca, única y exclusivamente, el espesor total de la capa que se está verificando.

Tabla 450 - 14. Grado de compactación mínimo GC_{\min}

TIPO DE CAPA	GRADO DE COMPACTACIÓN MÍNIMO GC_{\min} , %		
	NIVEL DE TRÁNSITO		
	NT1	NT2	NT3
Rodadura	94.0	94.0	93.0
Intermedia	92.0	92.0	92.0
Base	-	91.0	91.0
Alto módulo	-	-	93.0

En caso de rechazo, la capa de mezcla densa en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

450.5.2.5.4 Espesor

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

$$e_m \geq e_d$$

[450.10]

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

$$e_i \geq 0.90 e_d$$

[450.11]

Si alguno de estos requisitos se incumple, se procederá como se indica a continuación. Todas las labores de corrección las deberá ejecutar el Constructor sin cargo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

450.5.2.5.4.1 Para capas de rodadura

El Constructor procederá a fresar y remover la capa y reponerla en el espesor adecuado o, alternativamente y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, a la colocación de una capa adicional del mismo tipo de mezcla de cincuenta milímetros (50 mm) de espesor compacto, cumpliendo todos los requisitos de calidad de esta especificación. El riego de liga que se deba colocar para adherir las capas deberá ejecutarlo en acuerdo con el Artículo 421.

Si la capa adicional no cumple alguno de los requisitos de este Artículo, deberá ser fresada y repuesta con una nueva de calidad satisfactoria, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

450.5.2.5.4.2 Para capas intermedias

Si el espesor promedio del lote es inferior al noventa por ciento del espesor de diseño

(em < 0.90 ed), la capa que constituye el lote se rechazará y deberá ser levantada mediante fresado y repuesta en el espesor adecuado, a satisfacción del Interventor, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

Si el espesor promedio del lote es igual o mayor al noventa por ciento del espesor de diseño (em \geq 0.90 ed) y no existen deficiencias de lisura en la capa terminada, se autorizará compensar la deficiencia de espesor con el espesor adicional correspondiente en la capa de rodadura, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Si la deficiencia ocurre en una capa elaborada con una mezcla de alto módulo, la compensación a que se hace referencia en el párrafo anterior no se realizará en un espesor igual al de la misma, sino el que resulte al verificar el dimensionamiento de la estructura, con el mismo método empleado en el diseño original. Si el Constructor no acoge por escrito estas determinaciones, la capa que constituye el lote se rechazará y deberá ser levantada mediante fresado y repuesta en el espesor adecuado, a satisfacción del Interventor, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

450.5.2.5.4.3 Para capas de base

Si el espesor promedio del lote es inferior al ochenta por ciento del espesor de diseño (em < 0.80 ed), la capa que constituye el lote se rechazará y deberá ser levantada mediante fresado y repuesta en el espesor adecuado, a satisfacción del Interventor, sin

costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

Si el espesor promedio del lote es igual o mayor al ochenta por ciento del espesor de diseño ($em \geq 0.80 ed$) y no existen deficiencias de lisura en la capa terminada, se autorizará compensar la deficiencia de espesor con el espesor adicional correspondiente en la capa superior, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Si la deficiencia ocurre en una capa de base elaborada con una mezcla de alto módulo y la capa intermedia no debe ser elaborada con una mezcla de alto módulo, la compensación a que se hace referencia en el párrafo anterior no se realizará en un espesor igual al de la misma, sino el que resulte al verificar el dimensionamiento de la estructura, con el mismo método empleado en el diseño original. Si el Constructor no acoge por escrito estas determinaciones, la capa que constituye el lote se rechazará y deberá ser levantada mediante fresado y repuesta en el espesor adecuado, a satisfacción del Interventor, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

En todos los casos en que la mezcla deba ser fresada y repuesta por presentar deficiencias en relación con el espesor, el material fresado será de propiedad del Constructor.

450.5.2.5.5 Segregación térmica

El Constructor deberá entregar al Interventor un registro fotográfico, tomado con cámara infrarroja, de las temperaturas de extensión y compactación de

toda la mezcla colocada, debidamente referenciado (norma INV E-788). Estos registros deben ser entregados a la Interventoría a más tardar una semana después de la pavimentación del sector fotografiado y antes de la toma de núcleos para verificar la densidad.

Estas fotografías tendrán dos usos:

- Durante la construcción, el Interventor puede ordenar la toma de núcleos en los sitios donde las imágenes muestren la presencia de sitios de menor temperatura, para verificar el porcentaje de vacíos de la mezcla colocada;
- Al final de la obra, las imágenes serán incluidas en el Informe Final de Interventoría y servirán al Instituto Nacional de Vías como antecedente técnico si se presentan deterioros del pavimento durante el periodo de garantía, como consecuencia de la segregación térmica durante la construcción de las capas asfálticas.

450.5.2.5.6 Planicidad

La superficie acabada no podrá presentar zonas de acumulación de agua, ni irregularidades mayores de diez milímetros (10 mm) en capas de rodadura o quince milímetros (15 mm) en capas de base o intermedias y bacheos, cuando se compruebe con una regla de tres metros (3m), según la norma de ensayo INV E-793; la regla se colocará tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja al azar el Interventor, los cuales no podrán estar afectados por cambios de pendiente. Las zonas que presenten deficiencias de este tipo deberán ser fresadas y repuestas por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, y a plena satisfacción del Interventor. El material fresado será de propiedad del Constructor.

450.5.2.5.7 Textura

Las medidas de textura se realizarán a los pocos días de terminada la capa, empleando el método descrito en la norma de ensayo INV E-791.

El número mínimo de puntos a controlar por lote será de tres (3), que se ampliarán a cinco (5) si la textura obtenida en uno de los tres (3) primeros es inferior a la especificada. Dichos puntos se elegirán al azar, de acuerdo con la norma INV E-730.

La profundidad media de textura del lote no podrá ser menor al mínimo admisible que se defina en los documentos del proyecto, el cual no podrá ser inferior a 0.35. Ningún valor individual podrá ser inferior en más de veinte por ciento (20 %) al promedio mínimo exigido y no podrán existir áreas con evidencias indudables de segregación.

Si este requisito no se cumple, la capa de rodadura correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, quedando el material fresado de propiedad del Constructor. Alternativamente y a opción del Constructor, y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, éste podrá colocar una capa adicional de una mezcla del mismo tipo con el correspondiente riego de liga, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, del mismo espesor compacto que la anterior, cumpliendo todos los requisitos de calidad de esta especificación.

450.5.2.5.8 Resistencia al deslizamiento

Una vez transcurridos, como mínimo, treinta (30) días de la puesta en servicio, se harán las determinaciones de la resistencia al deslizamiento sobre mezclas densas en caliente construidas para servir como capas de rodadura.

Debido a que la resistencia al deslizamiento se encuentra relacionada directamente con la seguridad de los usuarios, los puntos para su determinación en cada lote no se elegirán al azar, sino que serán ubicados por el Interventor en los lugares que considere más sensibles al deslizamiento vehicular en condición de superficie húmeda.

Las medidas se realizarán con el péndulo británico, en acuerdo con la norma de ensayo INV E-792, en tres (3) puntos por lote en zonas en tangente y en uno (1) por cada curva horizontal y por cada zona singular (glorieta, intersección, zona de frenado, etc.) incluida dentro del lote y ninguna de ellas podrá presentar un valor inferior al límite indicado en la Tabla 450 - 15, de acuerdo con el tránsito de diseño y el tipo de sección.

En caso de que se presenten valores menores, el Interventor realizará medidas adicionales para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual deberá ser corregida por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. Para ello, la capa de mezcla densa en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, quedando el material fresado de propiedad del Constructor. Alternativamente y a opción del Constructor, y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, éste podrá colocar una capa adicional de una mezcla del mismo tipo, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de cincuenta milímetros (50 mm) de espesor compacto, cumpliendo todos los requisitos de calidad de esta especificación. El riego de liga que se deba colocar para adherir las capas deberá ejecutarlo en acuerdo al Artículo 421, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

La resistencia al deslizamiento se puede verificar también con dispositivos de rueda parcialmente bloqueada (norma de ensayo INV E-815). En tal caso, la especificación particular indicará el equipo autorizado, así como los valores mínimos por alcanzar, los cuales deberán ser, cuando menos, equivalentes a los señalados en la Tabla 450 - 15 para el péndulo británico.

Tabla 450 - 15. Valores mínimos admisibles del coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo británico

TIPO DE CAPA	COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO, MÍNIMO		
	NT1	NT2	NT3
Glorietas; curvas con radios menores de 200 metros; pendientes $\geq 5\%$ en longitudes de 100 metros o más; intersecciones; zonas de frenado frecuente.	0.50	0.55	0.60
Otras secciones	0.45	0.50	0.50

450.5.2.5.9 Regularidad superficial

El Índice Internacional de Rugosidad (IRI) se comprobará de manera continua en toda la longitud de la obra y en cada carril, antes del recibo definitivo de la misma. Para los efectos de aceptación del pavimento terminado, este Artículo establece que la determinación del IRI se deberá realizar, únicamente, con procedimientos de medida de precisión o con equipos de referencia inercial.

Las medidas de precisión se podrán adelantar con mira y nivel, de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma de ensayo INV E-794 o con un perfilómetro pivotante de alta precisión, norma de ensayo INV E-814.

Si se opta por el equipo de referencia inercial, éste se deberá validar previamente con uno de precisión en un tramo de prueba de longitud no menor de doscientos metros (200 m). El equipo de referencia inercial se deberá operar de acuerdo con la norma ASTM E 950.

Para efectos de la evaluación con fines de recibo, las medidas se harán en cada uno de los carriles del pavimento construido y los valores del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) se presentarán en m/km, en tramos consecutivos de cien metros (100 m) por carril, con la excepción que se cita en el párrafo siguiente. Un conjunto de cinco (5) tramos constituirá un lote.

No habrá exigencia sobre el cumplimiento de regularidad superficial en tramos que incluyan singularidades, entendiéndose por tales todas aquellas alteraciones del perfil longitudinal de la carretera que incrementen el IRI y no provengan de deficiencias constructivas, como pueden ser intersecciones con otras vías, puentes, pozos de inspección, reductores de velocidad, etc., los cuales serán definidos por el Interventor, con su ubicación respectiva (carril y abscisa), antes de proceder a la determinación del índice internacional de rugosidad (IRI).

Se entenderá que la superficie del pavimento tiene una regularidad superficial aceptable, si a lo largo de la longitud evaluada en cada carril se satisfacen los valores indicados en la Tabla 450 - 16.

Si la proporción de hectómetros donde los resultados de la regularidad superficial (IRI) exceden los límites especificados no es superior a veinte por ciento (20 %) del total del lote, el Interventor delimitará los sectores relevantes en el incumplimiento y ordenará su corrección mediante fresado y la colocación de una nueva capa de mezcla asfáltica. Los espesores por fresar y reponer en cada

tramo serán establecidos por el Interventor y todos los costos que impliquen estas correcciones, deberán ser asumidos por el Constructor. El material fresado será de propiedad del Constructor.

Si la proporción de hectómetros donde los resultados de IRI exceden los límites especificados es mayor a veinte por ciento (20 %) del total del lote, toda la longitud de éste deberá ser fresada y repuesta en el mismo espesor. El fresado, traslado y disposición del material demolido y la reconstrucción de la capa, con la calidad exigida por el presente Artículo, serán de cargo del Constructor. El material demolido será de propiedad del Constructor. Éste, a su vez, no podrá invocar las reparaciones o reconstrucciones debidas a deficiencias en la regularidad superficial, como causal para incumplir el programa de trabajo.

Tabla 450 - 16. Valores máximos admisibles de IRI (m/km)

PORCENTAJE DE HECTÓMETROS	PAVIMENTOS DE CONSTRUCCIÓN NUEVA Y REHABILITADOS EN ESPESOR > 10 cm			PAVIMENTOS REHABILITADOS EN ESPESOR ≤ 10 cm		
	NT1	NT2	NT3	NT1	NT2	NT3
40	2.4	1.9	1.4	2.9	2.4	1.9
80	3.0	2.5	2.0	3.5	3.0	2.5
100	3.5	3.0	2.5	4.0	3.5	3.0

450.5.2.5.10 Construcción de capas de renivelación

Las mezclas para la construcción de capas de renivelación de un pavimento existente, deberá cumplir los mismos requisitos que se exigen cuando se coloca como capa de base, si su espesor compacto es mayor o igual a setenta y cinco milímetros (75 mm). En caso contrario, deberá cumplir los requisitos exigidos a la capa intermedia.

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

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

450.5.2.5.12 Medidas de deflexión

El Interventor verificará la solidez de la estructura construida realizando medidas de deflexión con la viga Benkelman, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-795. Los resultados de las medidas, que se realizarán en tresbolillo cada 20 metros, no constituirán base para aceptación o rechazo de la capa construida, sino que servirán al Instituto Nacional de Vías para verificar la homogeneidad de la estructura que se construye y realizar los ajustes que pudieran resultar necesarios al diseño estructural del pavimento.

450.6 MEDIDA

Rige lo descrito en el Artículo 400 y, en particular, en el numeral 400.6.2. Para bacheos, se aplicará lo especificado en el numeral 400.6.3 del mismo Artículo.

450.7 FORMA DE PAGO

Rige lo descrito en el numeral 400 y en particular en el 400.7.3 del Artículo 400.

450.8 ÍTEM DE PAGO

450.1 Mezcla densa en caliente tipo MDC-25

Metro cúbico (m³)

450.2 Mezcla densa en caliente tipo MDC-19	Metro cúbico (m ³)
450.3 Mezcla densa en caliente tipo MDC-10	Metro cúbico (m ³)
450.4 Mezcla semidensa en caliente tipo MSC-25	Metro cúbico (m ³)
450.5 Mezcla semidensa en caliente tipo MSC-19	Metro cúbico (m ³)
450.6 Mezcla gruesa en caliente tipo MGC-38	Metro cúbico (m ³)
450.7 Mezcla gruesa en caliente tipo MGC-25	Metro cúbico (m ³)
450.8 Mezcla de alto módulo MAM-25	Metro cúbico (m ³)
450.10 Mezcla en caliente para bacheo MSC-25	Metro cúbico (m ³)
450.11 Mezcla en caliente para bacheo MGC-25	Metro cúbico (m ³)
450.12 Mezcla en caliente para bacheo MGC-38	Metro cúbico (m ³)

Nota: Se deberá elaborar un ítem de pago diferente, para cada tipo de mezcla y capa que forme parte del contrato. Ellos se identificarán agregando cifras al esquema numerado del ítem. Por ejemplo, si el contrato considera dos mezclas del tipo MDC-25, una para capa de rodadura y otra para capa intermedia, se podrán identificar así:

450.1.1 Mezcla densa en caliente tipo MDC-25 para capa de rodadura.

450.1.2 Mezcla densa en caliente tipo MDC-25 para capa intermedia.

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

MEZCLA ABIERTA EN CALIENTE

ARTÍCULO 451 – 13

451.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la elaboración, transporte, colocación y compactación de una capa de mezcla asfáltica de tipo abierto, preparada y colocada en caliente, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos o establecidos por el Interventor.

451.2 MATERIALES

451.2.1 Agregados pétreos

Los agregados pétreos deberán satisfacer los requisitos del Artículo 400, numeral 400.2.1. Además, deberán cumplir con los requisitos de calidad mencionados en la Tabla 451 - 1.

Tabla 451 - 1. Requisitos de los agregados para mezcla abierta en caliente

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO		
		NT1	NT2	NT3
Dureza, agregado grueso (O)				
Desgaste en la máquina de los Angeles, máximo (%)	E-218	35	35	35
- 500 revoluciones		7	7	7
- 100 revoluciones				
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238		30	25
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos	E-224			90
- Valor en seco, mínimo (kN)				75
- Relación húmedo/seco, mínimo (%)				
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio del agregado grueso, máximo (%)	E-220	18	18	18
Limpieza, agregado grueso (F)				
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	E-237	0.5	0.5	0.5
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)				
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%)	E-240	10	10	10
Caras fracturadas, mínimo (%): una cara / dos caras	E-227	60/-	75 / -	75 / -
Adhesividad (O)				
- Agregado grueso: Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo, mínimo (%)	E-757	Reportar		

El conjunto de agregado grueso y agregado fino se deberá ajustar a alguna de las gradaciones indicadas en la Tabla 451 - 2.

Tabla 451 - 2. Franjas granulométricas para la mezcla abierta en caliente

TIPO DE MEZCLA	TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
	75	63	50	37.5	19.0	9.5	4.75	2.26	0.150
	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	3/4"	3/8"	No. 4	No. 8	No. 100
% PASA									
MAC-75	100	95-100	-	30-70	3-20	0-5	-	-	-
MAC-63	-	100	-	35-70	5-20	-	-	0-5	-
MAC-50	-	-	100	75-90	50-70	-	8-20	-	0-5
TOLERANCIAS EN PRODUCCIÓN SOBRE LA FÓRMULA DE TRABAJO (±)	5 %						3 %		

Salvo que los estudios del proyecto indiquen lo contrario, se empleará la gradación tipo MAC-50.

451.2.2 Material bituminoso

Será cemento asfáltico del tipo especificado en los documentos del proyecto; si estos no lo especifican, será cemento asfáltico de penetración 60-70, que cumpla los requisitos indicados en el Artículo 410.

451.2.3 Aditivos mejoradores de adherencia entre los agregados y el asfalto

Cuando se requieran, deberán cumplir con los requisitos del Artículo 412. La dosificación y la dispersión homogénea del aditivo deberán tener la aprobación del Interventor.

El Constructor deberá garantizar que su incorporación no producirá ningún efecto nocivo a los agregados, al ligante asfáltico o a la mezcla. Cualquier efecto adverso en el comportamiento del pavimento, que se derive del empleo del aditivo, será de responsabilidad exclusiva del Constructor, quien deberá efectuar todas las reparaciones que requiera la mezcla compactada, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a satisfacción de éste.

451.3 EQUIPO

Al respecto, se considerará lo que resulte aplicable de lo indicado en el numeral 400.3 del Artículo 400. En relación con el detalle del equipo necesario para la ejecución de los trabajos, se tendrá en cuenta lo que se indica a continuación:

- La extensión de la mezcla se puede efectuar también con motoniveladora, si así lo aprueba el Interventor.
- El equipo de compactación consistirá tan sólo de rodillos metálicos lisos, preferiblemente entre ocho y diez toneladas (8 t - 10 t) de peso.

451.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

451.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el Artículo 105, “Desarrollo y control de los trabajos”, numeral 105.13.3.

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

Rige todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.2 del Artículo 400.

Considerando que no existen métodos idóneos para el diseño de estas mezclas, se elegirá un porcentaje preliminar de asfalto con respecto a la masa de la mezcla, el cual se ajustará como resultado de las pruebas que se realicen durante la fase de experimentación. Dicho porcentaje suele oscilar entre uno y medio por ciento (1.5 %) y tres por ciento (3.0 %).

451.4.3 Preparación de la superficie existente

Antes de extender la mezcla, se limpiará y acondicionará debidamente la superficie que la va a recibir, con el fin de que no presente polvo u otros elementos extraños, ni queden fragmentos sueltos del pavimento sobre el cual se colocará la mezcla.

También, se deberán efectuar los bacheos y nivelaciones que, a juicio del Interventor, se requieran para mejorar la estructura y el perfil del pavimento existente.

Si la extensión de la mezcla requiere un riego de liga previo, éste se realizará conforme lo establece el Artículo 421 de estas especificaciones,

con una emulsión asfáltica de los tipos CRR-1 o CRR-2 que cumpla los requisitos indicados del Artículo 411.

Antes de extender la mezcla, se verificará que haya ocurrido el curado del riego de liga. Si hubiera transcurrido mucho tiempo desde la aplicación de éste, se comprobará que su capacidad de liga con la mezcla no se haya mermado en forma perjudicial; si ello ha sucedido, el Constructor deberá efectuar un riego de liga adicional, en la cuantía que fije el Interventor. Si la pérdida de efectividad del riego previo es imputable al Constructor, el nuevo riego deberá realizarlo sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

En el momento de la extensión de la mezcla, la superficie deberá estar seca.

451.4.4 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 400.4.3 del Artículo 400.

451.4.5 Aprovechamiento de los agregados

Aplicará lo descrito en el numeral 450.4.5 del Artículo 450.

451.4.6 Fabricación de la mezcla asfáltica

La carga de las tolvas en frío se realizará de forma que éstas contengan entre el cincuenta por ciento (50 %) y el cien por ciento (100 %) de su capacidad, sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones.

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

Los agregados se calentarán antes de su mezcla con el asfalto. El secador se regulará de forma que la combustión sea completa, indicada por la ausencia de humo negro en el escape de la chimenea. Siempre que se presenten síntomas de avería en el sistema de combustión; si la combustión es incompleta o si se advierte alguna contaminación por

combustible en los agregados pétreos o en la mezcla, se detendrá la producción hasta que se identifiquen y corrijan las causas del problema. En las plantas de tipo discontinuo, se deberá comprobar que la unidad clasificadora en caliente proporcione a las tolvas en caliente agregados homogéneos; en caso contrario, se tomarán las medidas necesarias para corregir la heterogeneidad.

Los agregados preparados como se ha indicado anteriormente se pesarán o medirán exactamente y se transportarán al mezclador en las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo.

Después de haber introducido en el mezclador los agregados, se agregará automáticamente el material bituminoso calculado para cada bachada, el cual se deberá encontrar a la temperatura adecuada, y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

La temperatura de elaboración de la mezcla se definirá durante la fase de experimentación y suele variar entre ciento diez y ciento veinte grados Celsius ($110^{\circ}\text{C} - 120^{\circ}\text{C}$). El tiempo de mezcla no deberá exceder de treinta (30) segundos.

En ningún caso se introducirá en el mezclador el agregado caliente a una temperatura superior en más de quince grados Celsius (15°C) a la temperatura del asfalto.

En el momento de la mezcla, la temperatura del asfalto deberá ser tal, que se consiga la envuelta satisfactoria de los agregados, sin que se produzcan escurrimientos del ligante. El volumen de materiales en el mezclador no será tan grande que sobrepase los extremos de las paletas, cuando éstas se encuentren en posición vertical, siendo recomendable que no superen los dos tercios ($2/3$) de su altura. Todos los tamaños del agregado deberán estar uniformemente distribuidos en la mezcla y sus partículas deberán quedar cubiertas de ligante de manera satisfactoria, a juicio del Interventor. La temperatura de la mezcla recién elaborada no excederá de la fijada durante la definición de la fórmula de trabajo.

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

Se rechazarán todas las mezclas heterogéneas, carbonizadas o sobrecalentadas, las mezclas con espuma, o las que presenten indicios de

contaminación o de humedad. En este último caso, se retirarán los agregados de las correspondientes tolvas en caliente de las plantas de tipo discontinuo. También, se rechazarán aquellas mezclas en las que, a juicio del Interventor, la envuelta no sea satisfactoria.

451.4.7 Transporte de la mezcla

Rige lo descrito en el numeral 450.4.7 del Artículo 450.

451.4.8 Transferencia de la mezcla

Rige lo descrito en el numeral 450.4.8 del Artículo 450.

451.4.9 Extensión de la mezcla

Rige, en general, lo descrito en el numeral 450.4.9 del Artículo 450; en este caso no se requieren obreros que agreguen y enrasen la mezcla tras la pavimentadora.

Se permitirá la extensión de la mezcla con motoniveladora, en las circunstancias en que el Interventor considere aconsejable el empleo de este procedimiento

451.4.10 Compactación de la mezcla

La compactación deberá comenzar, una vez extendida la mezcla, empleando rodillos metálicos lisos estáticos que no produzcan fracturación de las partículas del agregado pétreo. El número de pasadas deberá ser el establecido durante la fase de experimentación y será lo suficientemente bajo para prevenir sobrecompactaciones que reduzcan el volumen de aire en la mezcla.

La compactación deberá comenzar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas en donde el cilindrado avanzará del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma fijada por el Interventor, hasta que la superficie total haya sido compactada. Los rodillos deberán llevar su llanta motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el Interventor, y sus cambios de dirección se harán sobre la mezcla ya compactada.

A causa de la aspereza de la mezcla, se deberán evitar al máximo las correcciones mediante procedimientos manuales

451.4.11 Juntas de trabajo

Rige lo descrito en el numeral 450.4.11 del Artículo 450.

451.4.12 Bacheos

La mezcla abierta en caliente podrá ser utilizada en el relleno de excavaciones, únicamente para la reparación de pavimentos existentes que contengan capas inferiores asfálticas agrietadas y éstas vayan a constituir el fondo de la excavación.

El espesor que se podrá rellenar con mezcla abierta en caliente será el indicado en los documentos del proyecto o el establecido por el Interventor, de acuerdo con las circunstancias de la obra.

451.4.13 Apertura al tránsito

Debido a su bajo contenido de asfalto y a la posibilidad de desintegración bajo la acción de las cargas del tránsito, no se permitirá que la mezcla compactada sea sometida a la circulación de vehículos.

El Constructor deberá tomar las disposiciones necesarias para que se cumpla esta instrucción y organizará su plan de trabajo de manera que la capa superior, de gradación densa, semidensa o gruesa, según lo establezca el proyecto, se construya a la mayor brevedad.

451.4.14 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la extensión y compactación de mezclas abiertas en caliente cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie del pavimento sean inferiores a cinco grados Celsius (5º C) o haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra.

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

451.4.15 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

451.4.16 Reparaciones

Todos los defectos no advertidos durante la colocación y compactación, tales como protuberancias, juntas irregulares, depresiones, irregularidades de alineamiento y de nivel, deberán ser corregidos por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor. El Constructor deberá proporcionar trabajadores competentes, capaces de ejecutar a satisfacción el trabajo eventual de correcciones en todas las irregularidades del pavimento construido.

451.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

451.5.1 Controles

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

451.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**451.5.2.1 Calidad del ligante asfáltico**

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para el cemento asfáltico serán los establecidos en el Artículo 410.

451.5.2.2 Calidad de los agregados pétreos**451.5.2.2.1 Aprobación inicial**

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deberán realizar los ensayos indicados en la Tabla 451 - 1.

Los resultados de estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas en 451.2.01.A, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

451.5.2.2.2 Control de producción

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

Además, se efectuarán las verificaciones de calidad indicadas en la Tabla 451 -3.

Tabla 451 - 3. Ensayos de verificación sobre los agregados para mezcla abierta en caliente

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos	E-224	1 por mes
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza, agregado grueso (F)		
Impurezas en agregado grueso	E-237	1 por semana
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)		
Partículas planas y alargadas, relación 5:1	E-240	1 por semana
Caras fracturadas	E-227	1 por jornada
Adhesividad (O)		
Agregado grueso: Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo	E-757	Cuando cambie la procedencia de los agregados

El Interventor podrá autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado

en la Tabla 451 - 3, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En ningún caso se permitirá el empleo de agregados minerales que no satisfagan los requisitos del numeral 451.2.1 del presente Artículo. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado insatisfactorio, se tomarán dos muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos de comprobación deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

451.5.2.3 Composición de la mezcla

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

Cuantitativamente, se realizarán los siguientes controles:

451.5.2.3.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 451.5.2.4.1, se determinará el contenido de asfalto residual (Norma de ensayo INV E-732).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART%) tendrá una tolerancia de tres por mil (0.3 %),

respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (ARF%).

$$\text{ARF}\% - 0.3\% \leq \text{ART}\% \leq \text{ARF}\% + 0.3\%$$

[451.1]

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI %), no podrá diferir del valor promedio (ART %) en más de medio por ciento (0.5 %), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$\text{ART}\% - 0.5\% \leq \text{ARI}\% \leq \text{ART}\% + 0.5\%$$

[451.2]

Un porcentaje de asfalto residual promedio (ART %) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote. En este caso, la capa de mezcla en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

451.5.2.3.2 Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados.

La curva granulométrica de cada ensayo individual deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la Tabla 451 - 2, pero sin permitir que la curva se salga de la franja.

Si la curva granulométrica queda dentro de la franja, pero los valores incumplen los requisitos recién indicados, el Interventor rechazará el lote representado por dicha curva. En subsidio, podrá aceptarlo provisionalmente bajo el compromiso

escrito del Constructor de que, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, realizará todas las reparaciones que se requieran a satisfacción del Instituto Nacional de Vías, si en la capa que se colocará sobre la mezcla abierta en caliente se producen, dentro del término del contrato y de la garantía de estabilidad de las obras, reflejos de fallas de capas inferiores, atribuibles a las deficiencias granulométricas de la mezcla abierta en caliente.

451.5.2.4 Calidad del producto terminado

451.5.2.4.1 Tamaño del lote

Se considerará como “lote” que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500 m) de mezcla colocada en todo el ancho de la calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de mezcla colocada;
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

451.5.2.4.2 Aspectos generales

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

Además, se harán las siguientes verificaciones:

451.5.2.4.3 Espesor

Las determinaciones de espesor de la capa compactada se realizarán en una proporción de cuando menos cinco (5) por lote. Los sitios para las mediciones se elegirán al azar de acuerdo con la norma INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro. El espesor promedio de la capa compactada (e_m) no podrá ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d$$

[451.3]

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, como mínimo, igual al ochenta por ciento (80 %) del espesor de diseño, admitiéndose un (1) solo valor por debajo de dicho límite, siempre que este último valor sea igual o mayor al setenta y cinco por ciento (75 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.80 e_d$$

[451.4]

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del lote. En tal caso, la capa de mezcla abierta en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

451.5.2.4.4 Planicidad

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

afectados por cambios de pendiente. Las zonas que presenten deficiencias de este tipo deberán ser reparadas por el Constructor, a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

451.5.2.4.5 Medidas de deflexión

El Interventor verificará la solidez de la estructura construida al nivel de la capa de mezcla abierta en caliente, realizando medidas de deflexión con la viga Benkelman, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-795. Los resultados de las medidas, que se realizarán en tresbolillo cada 20 metros, no constituirán base para aceptación o rechazo de la capa construida, sino que servirán al Instituto Nacional de Vías para verificar la homogeneidad de la estructura que se construye y realizar los ajustes que pudieran resultar necesarios al diseño estructural del pavimento.

Todas las áreas de mezcla abierta en caliente colocada y compactada, donde los defectos de calidad y de terminación excedan las tolerancias indicadas en esta especificación, deberán ser corregidas por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

451.6 MEDIDA

Rige lo pertinente del numeral 400.6 del Artículo 400, y en particular lo indicado en los numerales 400.6.2 y 400.6.3.

451.7 FORMA DE PAGO

Rige lo pertinente del numeral 400.7 del Artículo 400, y en particular lo indicado en el numeral 400.7.3.

451.8 ÍTEM DE PAGO

451.1 Mezcla abierta en caliente tipo MAC-75	Metro cúbico(m ³)
451.2 Mezcla abierta en caliente tipo MAC-63	Metro cúbico(m ³)
451.3 Mezcla abierta en caliente tipo MAC-50	Metro cúbico(m ³)
451.4 Mezcla abierta en caliente tipo MAC-50 para bacheo	Metro cúbico(m ³)

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

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

MEZCLA DISCONTINUA EN CALIENTE PARA CAPA DE RODADURA (MICROAGLOMERADO EN CALIENTE)

ARTÍCULO 452 – 13

452.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la elaboración, transporte, colocación y compactación de una capa de mezcla asfáltica de tipo discontinuo para capa de rodadura, preparada y colocada en caliente sobre un pavimento existente, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos o determinados por el Interventor.

452.2 MATERIALES

452.2.1 Agregados pétreos y llenante mineral

452.2.1.1 Requisitos generales

Los agregados pétreos y el llenante mineral deberán satisfacer los requisitos del Artículo 400, numeral 400.2.1. Adicionalmente, deberán cumplir con los requisitos de calidad mencionados en la Tabla 452 - 1.

Tabla 452 - 1. Requisitos de los agregados para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NT2 Y NT3
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%)	E-218	25
- 500 revoluciones		
- 100 revoluciones		5
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	20
Evaluación de la resistencia mecánica por el método del 10 % de finos	E-224	110
- Valor en seco, mínimo (kN)		
- Relación húmedo/seco, mínimo (%)		
Coefficiente de pulimiento acelerado, mínimo	E-232	0.50
Durabilidad (F)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio,	E-220	18

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NT2 Y NT3
máximo (%)		
Limpieza, agregado grueso (F)		
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	E-237	0.5
Limpieza, gradación combinada (F)		
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	N.P
Equivalente de arena, mínimo (%) (Nota 1)	E-133	50
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 2)	E-235	10
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)		
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%)	E-240	10
Caras fracturadas, mínimo (%): una cara / dos caras	E-227	100 / 100
Geometría de las partículas, agregado fino (F)		
Angularidad de la fracción fina, método A, mínimo (%)	E-239	45
Adhesividad (O)		
- Agregado grueso: Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo, mínimo (%)	E-757	Reportar
Agregado fino: adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método riedel-weber), índice mínimo	E-774	Reportar

Nota 1: El equivalente de arena será el del agregado finalmente obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones (incluido el llenante mineral), según las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo y antes de pasar por el secador de la planta mezcladora. En caso de que no se cumpla el valor mínimo señalado en la tabla, el agregado se aceptará si su equivalente de arena, medido en las mismas condiciones, es superior a 40 % y, simultáneamente, el valor de azul de metileno, determinado mediante la norma de ensayo INV E- 235, es inferior a diez (10).

Nota 2: La determinación del valor de azul de metileno no es obligatoria si el equivalente de arena cumple con el valor mínimo señalado en la tabla.

452.2.1.2 Agregado fino

El agregado fino deberá proceder en su totalidad de la trituración de piedra de cantera o de grava natural, o parcialmente de fuentes naturales de arena. La proporción de arena natural no podrá exceder los valores de la Tabla 452 - 2.

El material que se triture para obtener el agregado fino deberá cumplir con los requisitos de resistencia establecidos para el agregado grueso en la Tabla 452 - 1.

Tabla 452 - 2. Proporción máxima de arena natural en el agregado

CARACTERÍSTICA	NT2	NT3
Proporción de arena natural: % de la masa total del agregado combinado	≤ 20	≤ 10
Proporción de arena natural: % de la masa total del agregado fino	≤ 50	

452.2.1.3 Llenante mineral

El llenante mineral podrá provenir de los procesos de trituración y clasificación de los agregados pétreos, separándose de ellos por medio de los ciclones de la planta mezcladora, o podrá ser de aporte como producto comercial, generalmente cal hidratada o cemento hidráulico. La proporción de llenante mineral y los requisitos para el mismo deberán cumplir con lo mencionado en la Tabla 452 - 3.

Tabla 452 - 3. Proporción y requisitos del llenante mineral

COMPOSICIÓN	NORMA DE ENSAYO INV	NT2 Y NT3
Proporción de llenante mineral de aporte: (% en masa del llenante total)	-	≥ 50
Granulometría del llenante mineral de aporte: - % que pasa tamiz 425 μm (No. 40) - % que pasa tamiz 150 μm (No. 100) - % que pasa tamiz 75 μm (No. 200)	E -215	100 > 90 > 75
Densidad bulk (g/cm ³)	E-225	0.5 a 0.8
Vacíos del llenante seco compactado (%)	E-229	≥ 38

452.2.1.4 Granulometría

La granulometría del agregado obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones, incluido el llenante mineral, deberá estar comprendida dentro de alguna de las franjas fijadas en la Tabla 452 - 4. El análisis granulométrico

se deberá efectuar de acuerdo con la norma de ensayo INV E-213.

Tabla 452 - 4. Franjas granulométricas para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura

TIPO DE MEZCLA		TAMIZ (mm / U.S. Standard)						
		12.5	9.5	8	4.75	2.00	0.425	0.075
		1/2"	3/8"	5/16"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
		% PASA						
TIPO M	M-13	100	75-97	-	15-28	11-22	8-16	5-8
	M-10	-	100	75-97	15-28	11-22	8-16	5-8
TIPO F	F-13	100	75-97	-	25-40	18-32	10-20	7-10
	F-10	-	100	75-97	25-40	18-32	10-20	7-10
TOLERANCIAS EN PRODUCCIÓN SOBRE LA FÓRMULA DE TRABAJO (±)		4 %			3 %			1 %

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

El tipo de mezcla y la franja granulométrica por emplear serán los indicados en los documentos técnicos del proyecto.

452.2.2 Material bituminoso

El material bituminoso para elaborar la mezcla discontinua en caliente será cemento asfáltico modificado con polímeros, que corresponda a los tipos II (IIa o IIb) o III de la Tabla 414 - 1 del Artículo 414; también, puede ser cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado que cumpla los requisitos establecidos en el Artículo 413. El tipo por utilizar será el definido en los documentos técnicos del proyecto.

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

Cuando se requieran, deberán cumplir con los requisitos del Artículo 412. La dosificación y la dispersión homogénea del aditivo deberán tener la aprobación del Interventor.

El Constructor deberá garantizar que su incorporación no producirá ningún efecto nocivo a los agregados, al ligante asfáltico o a la mezcla. Cualquier efecto adverso en el comportamiento del pavimento que se derive del empleo del aditivo, será de responsabilidad exclusiva del Constructor, quien deberá efectuar todas las reparaciones que requiera la mezcla compactada, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor.

452.3 EQUIPO

Al respecto, aplica lo que resulte pertinente de lo indicado en el Artículo 400.

Adicionalmente, se considerará que para la compactación se deberán utilizar compactadores de rodillos metálicos autopulsados y sin vibración.

Dada la importancia que tiene el riego de liga en la construcción de este tipo de capa de rodadura, es altamente recomendable que la máquina pavimentadora esté provista, también, de un sistema de riego incorporado a ella, que garantice una aplicación continua y uniforme del mismo.

452.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

452.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el Artículo 105, “Desarrollo y control de los trabajos”, numeral 105.13.3.

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

452.4.2.1 Generalidades

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

452.4.2.2 Diseño de la mezcla

Las mezclas discontinuas en caliente se diseñarán en función del tipo de granulometría del agregado, siguiendo los métodos indicados en la Tabla 452 - 5.

Tabla 452 - 5. Método de diseño para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura

TIPO DE MEZCLA	NORMA DE ENSAYO INV	MÉTODO
Tipo M	E-760	Ensayo Cántabro Comprobación: - Verificación de adherencia mediante el ensayo Cántabro con inmersión
Tipo F	E-748 E-725 E-756	Método Marshall Comprobación: - Verificación de adherencia por tracción indirecta - Verificación de resistencia a la deformación plástica

452.4.2.2.1 Diseño de mezclas discontinuas tipo M

452.4.2.2.1.1 Diseño mediante el ensayo Cántabro

Los criterios de dosificación de estas mezclas son los indicados en la Tabla 452 - 6. La temperatura de elaboración de la mezcla deberá corresponder, en principio, a una viscosidad del ligante asfáltico comprendida entre ciento cincuenta y ciento noventa centistokes (150 cSt–190 cSt), debiendo verificarse que no se produzca escurrimiento del ligante a dicha temperatura.

Tabla 452 - 6. Criterios de dosificación para mezclas discontinuas tipo M

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	VALOR
Contenido de ligante: % en masa sobre el agregado seco, mínimo	-	5.0
Compactación: número de golpes por cara	E-760	50
Pérdida por abrasión en seco, máximo (%)	E-760	15
Vacíos con aire en la mezcla compactada, mínimo (%)	E-736	12

Relación llenante / ligante efectivo, en peso	-	1.2 a 1.4
---	---	-----------

452.4.2.2.1.2 Verificación de adherencia

La mezcla que cumpla los requisitos de diseño de la Tabla 452 - 6 deberá ser sometida a la prueba de verificación de la adherencia, según el criterio señalado en la Tabla 452.7.

Tabla 452 - 7. Verificación de adherencia para mezclas discontinuas tipo M

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	VALOR
Pérdida de abrasión en probetas después de inmersión en agua durante 24 horas a 60° C, máximo (%) (Nota 1).	E-760	25

Si la pérdida de abrasión tras inmersión supera el valor especificado, se deberá mejorar la adhesividad mediante un aditivo mejorador de adherencia apropiado.

452.4.2.2.2 Diseño de mezclas discontinuas tipo F

452.4.2.2.2.1 Diseño Marshall

Los criterios de dosificación de estas mezclas son los indicados en la Tabla 452 - 8.

Tabla 452 - 8. Criterios de dosificación para mezclas discontinuas tipo F

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	VALOR
Contenido de ligante: % en masa sobre el agregado seco, mínimo	-	5.5
Compactación: número de golpes por cara	E-748	50
Estabilidad, mínimo (N)	E-748	7,500
Vacíos con aire, mínimo (%)	E-736	4
Relación llenante / ligante efectivo, en	-	1.4 a 1.8

peso		
------	--	--

452.4.2.2.2 Verificación de adherencia y resistencia a la deformación plástica

El diseño Marshall que cumpla con los requisitos de la Tabla 452 - 8 se deberá someter a las pruebas de verificación relacionadas en la Tabla 452 - 9. La verificación deberá adelantarse en la secuencia indicada en la tabla.

Tabla 452 - 9. Verificación de adherencia y resistencia a la deformación plástica para mezclas discontinuas tipo F

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO INV	VALOR
Adherencia: Resistencia retenida a la tracción indirecta, mínimo (%)	E-725	80
Resistencia a la deformación plástica: velocidad máxima de deformación en el intervalo de 105 a 120 minutos ($\mu\text{m}/\text{min}$). - Temperatura media anual del aire $> 24^\circ\text{C}$ - Temperatura media anual del aire $\leq 24^\circ\text{C}$	E-756	12 15

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

452.4.2.2.3 Composición de la mezcla

La composición de la mezcla discontinua en caliente se deberá ajustar a lo establecido en la Tabla 452 - 10.

Tabla 452 - 10. Composición de las mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura

COMPOSICIÓN	TIPO DE MEZCLA			
	M-13	M-10	F-13	F-10
Cantidad de mezcla, kg/m^2	55 a 70	35 a 50	65 a 80	40 a 55

Ligante residual en el riego de liga, mínimo (kg/m ²)	Pavimento nuevo	0.30	0.25
	Pavimento antiguo	0.40	0.35

452.4.2.2.4 Ajuste de la fórmula de trabajo

La mezcla discontinua en caliente para capa de rodadura no se podrá fabricar a escala industrial, mientras el Interventor no haya aprobado la fórmula de trabajo y realizado las verificaciones y ajustes correspondientes en la fase de experimentación, en particular respecto de la cantidad media de mezcla por aplicar para obtener el espesor compacto establecido en los documentos técnicos del proyecto. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla o se rebasan de manera frecuente las tolerancias granulométricas establecidas en este Artículo, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

452.4.3 Preparación de la superficie existente

La mezcla no se extenderá hasta que se compruebe que la capa sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y su superficie presente las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan de las tolerancias establecidas en la especificación respectiva, deberán ser corregidas de acuerdo con lo establecido en ella.

No se permitirá la colocación de la mezcla discontinua en caliente mientras el Interventor no certifique que la capa sobre la cual se va a colocar es estructuralmente sana y presenta una regularidad superficial aceptable.

Las áreas de la superficie existente donde se formen charcos en instantes de lluvia, requieren una capa de mezcla densa de nivelación antes de que se permita la extensión de la mezcla discontinua.

Debido al pequeño espesor en que son puestas en obra las mezclas discontinuas en caliente, ellas resultan propensas a despegues por los

esfuerzos tangenciales del tránsito. Por tal razón, la extensión de la mezcla exige la aplicación cuidadosa de un riego previo de liga, el cual se realizará conforme lo establece el Artículo 421, empleando una emulsión asfáltica modificada con polímeros del tipo CRR-2m, de las características establecidas en el Artículo 415 y con la dosificación indicada en el numeral 452.4.2.2.3.

Para garantizar la efectividad del riego de liga, es recomendable que la máquina pavimentadora esté provista de un sistema de riego incorporado a ella. Si no se dispone de dicho equipo, el riego se podrá aplicar con un carrotanque, cuidando que no se degrade antes de la extensión de la mezcla. En caso de que el riego pierda efectividad, el Constructor deberá efectuar un riego adicional, en la cuantía que fije el Interventor. Si la pérdida de efectividad del primer riego es imputable al Constructor, el nuevo riego deberá realizarlo a su costa.

Las excavaciones para bacheo, así como las operaciones de relleno con los materiales adecuados para restablecer el nivel actual, se ejecutarán de acuerdo con las indicaciones del Artículo 465 para la excavación y de los Artículos que correspondan a los materiales empleados en el relleno de la misma.

Si la superficie sobre la cual se va a colocar la mezcla corresponde a un pavimento asfáltico antiguo que, de acuerdo con los estudios del proyecto o el criterio del Interventor, requiere un fresado previo, éste se realizará conforme se establece en el Artículo 460.

452.4.4 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 400.4.3 del Artículo 400.

452.4.5 Aprovechamiento de los agregados

Los agregados se suministrarán fraccionados y se manejarán separados hasta su introducción en las tolvas en frío. El número de fracciones deberá ser tal que sea posible, con la instalación que se utilice, cumplir las tolerancias exigidas en la granulometría de la mezcla. Cada fracción será suficientemente homogénea y se deberá poder acopiar y manejar sin peligro de segregación, observando las precauciones que se detallan a continuación. Cuando la mezcla asfáltica se vaya a elaborar en una planta del tipo tambor secador-mezclador no se permitirá, por ningún motivo,

realizar una predosificación de las fracciones de los agregados pétreos, antes de su vertimiento en las tolvas de agregados en frío de la planta.

Cada fracción del agregado se acopiará separada de las demás, para evitar intercontaminaciones. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se utilizarán los quince centímetros (15 cm) inferiores de los mismos. Los acopios se construirán por capas de espesor no superior a un metro y medio (1.5 m), y no por montones cónicos. Las cargas del material se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

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

452.4.6 Fabricación de la mezcla asfáltica

La carga de las tolvas en frío se realizará de forma que éstas contengan más del cincuenta por ciento (50 %) de su capacidad, pero sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones.

Las aberturas de salida de las tolvas en frío se regularán en forma tal, que la mezcla de todos los agregados se ajuste a la fórmula de obra de la alimentación en frío. El caudal total de esta mezcla en frío se regulará de acuerdo con la producción prevista, debiéndose mantener constante la alimentación del secador.

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

Si el polvo mineral recogido en los colectores cumple las condiciones exigidas al llenante y su utilización está prevista, se podrá introducir en la mezcla; en caso contrario, se deberá eliminar. El tiro de aire en el secador se deberá regular de forma adecuada, para que la cantidad y la granulometría del llenante recuperado sean uniformes. La dosificación del

llenante de recuperación y/o el de aporte se hará de manera independiente de los agregados y entre sí.

En las plantas de tipo discontinuo, se deberá comprobar que la unidad clasificadora en caliente proporcione a las tolvas en caliente agregados homogéneos; en caso contrario, se tomarán las medidas necesarias para corregir la heterogeneidad.

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

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

En ningún caso se introducirá en el mezclador el agregado caliente a una temperatura superior en más de quince grados Celsius (15° C) a la temperatura del asfalto. La temperatura de elaboración de la mezcla se fijará dentro del rango recomendado por el fabricante del cemento asfáltico modificado con polímeros.

El volumen de materiales en el mezclador no será tan grande que sobrepase los extremos de las paletas, cuando éstas se encuentren en posición vertical, siendo recomendable que no superen los dos tercios (2/3) de su altura. Todos los tamaños del agregado deberán estar uniformemente distribuidos en la mezcla y sus partículas total y homogéneamente cubiertas de ligante. La temperatura de la mezcla recién elaborada no excederá de la fijada durante la definición de la fórmula de trabajo.

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

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

452.4.7 Transporte de la mezcla

La mezcla se transportará a la obra en volquetas carpadas, hasta una hora del día en que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar correctamente con luz solar. Sólo se permitirá el trabajo en horas de la noche si, a juicio del Interventor, existe una iluminación artificial que permita la extensión y la compactación de manera adecuada.

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

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

452.4.8 Transferencia de la mezcla

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

452.4.9 Extensión de la mezcla

La mezcla recibida de la volqueta o de la máquina de transferencia será extendida por la máquina pavimentadora, de modo que se cumplan los alineamientos, anchos y espesores señalados en los planos o determinados por el Interventor.

A menos que el Interventor expida una instrucción en contrario, la extensión se realizará en franjas longitudinales y comenzará a partir del borde de la calzada en las zonas por pavimentar con sección bombeada, o en el lado inferior en las secciones peraltadas. Siempre que resulte posible, se evitarán las juntas longitudinales realizando la extensión en ancho completo, trabajando si es necesario con dos (2) o más pavimentadoras ligeramente desfasadas. Si por razones prácticas de la obra ello no resulta posible, después de haber extendido y compactado una franja, se extenderá la siguiente mientras el borde de la anterior aún se encuentre caliente y en condiciones de ser compactado; en caso contrario, se ejecutará una junta longitudinal.

La pavimentadora se regulará de manera que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin arrastres ni segregaciones, y con un espesor tal que, luego de compactada, se ajuste a la rasante y a la sección transversal indicada en los planos, con las tolerancias establecidas en la presente especificación. Por ningún motivo se permitirá el empleo de máquinas pavimentadoras que dejen marcas o depresiones en la superficie u otros defectos permanentes en ella.

Tampoco se permitirá la segregación de la mezcla. Si ella ocurre, la extensión de la mezcla deberá ser suspendida inmediatamente, hasta que su causa sea determinada y corregida. Toda área segregada que no sea corregida antes de la compactación, deberá ser removida y reemplazada con material apropiado, a expensas del Constructor.

La extensión de la mezcla se realizará con la mayor continuidad posible, ajustando la velocidad de la pavimentadora a la producción de la planta de fabricación, de manera que aquélla sufra el menor número posible de detenciones.

En caso de trabajo intermitente, se comprobará que la temperatura de la mezcla que quede sin extender en la tolva o bajo la pavimentadora no baje de la especificada para el inicio de la compactación; de lo contrario, dicha mezcla se descartará y se deberá ejecutar una junta transversal.

En los sitios en los que a juicio del Interventor no resulte posible el empleo de máquinas pavimentadoras, la mezcla se podrá extender a mano. La mezcla se descargará fuera de la zona que se vaya a pavimentar, y se distribuirá en los lugares correspondientes por medio de palas y rastrillos calientes, en una capa uniforme y de espesor tal que, una vez

compactada, se ajuste a los planos o a las instrucciones del Interventor, con las tolerancias establecidas en la presente especificación.

452.4.10 Compactación de la mezcla

La compactación se realizará según el plan aprobado por el Interventor como resultado de la fase de experimentación. Deberá comenzar, una vez extendida la mezcla, a la temperatura más alta posible con que ella pueda soportar la carga a que se somete, sin que se produzcan agrietamientos o desplazamientos indebidos. El número de pasadas del rodillo liso sin vibración no será menor de seis (6).

La compactación se realizará longitudinalmente de manera continua y sistemática. Deberá empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas en donde el cilindrado avanzará del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma aprobada por el Interventor, hasta que la superficie total haya sido compactada. Si la extensión de la mezcla se ha realizado por franjas, al compactar una de ellas se ampliará la zona de compactación para que incluya al menos quince centímetros (15 cm) de la anterior.

Los rodillos deberán llevar su rueda motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el Interventor, y sus cambios de dirección se harán sobre la mezcla ya compactada. Los elementos de compactación deberán estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos. No se permitirán, sin embargo, excesos de agua.

Se tendrá cuidado al compactar para no desplazar los bordes de la mezcla extendida; aquellos que formarán los bordes exteriores del pavimento terminado, serán chaflanados ligeramente.

La compactación se deberá realizar de manera continua durante la jornada de trabajo y se complementará con el trabajo manual mínimo necesario para la corrección de todas las irregularidades que se puedan presentar.

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

452.4.11 Juntas de trabajo

Si la construcción de juntas longitudinales es inevitable y al extender franjas contiguas la extendida en primer lugar tiene una temperatura inferior a la mínima aceptable para terminar el trabajo de pavimentación, según se haya determinado en la fase de experimentación, el borde de ésta se deberá cortar dejando al descubierto una superficie plana y vertical en todo su espesor, procediendo a continuación a aplicar una capa uniforme y ligera de riego de liga y luego a calentar la junta y extender la siguiente franja contra ella.

Las juntas transversales se compactarán transversalmente, disponiendo los apoyos adecuados para los elementos de compactación. Las juntas transversales de franjas de extensión adyacentes se deberán distanciar, cuando menos, en cinco metros (5 m).

452.4.12 Apertura al tránsito

Alcanzado el nivel de compactación exigido, el tramo pavimentado se podrá abrir al tránsito tan pronto la capa alcance la temperatura ambiente.

452.4.13 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la extensión y compactación de la mezcla en momentos de lluvia, ni cuando haya fundado temor que ella ocurra o cuando la temperatura ambiente a la sombra y la del pavimento sean inferiores a ocho grados Celsius (8° C).

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

452.4.14 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

452.4.15 Reparaciones

Todos los defectos no advertidos durante la colocación y compactación, tales como protuberancias, juntas irregulares, depresiones, irregularidades de alineamiento y de nivel, deberán ser corregidos por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor. El Constructor deberá proporcionar trabajadores competentes, capaces de ejecutar a satisfacción el trabajo eventual de correcciones en todas las irregularidades del pavimento construido.

452.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

452.5.1 Controles

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

452.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**452.5.2.1 Calidad del ligante asfáltico**

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para el cemento asfáltico modificado con polímeros o adicionado con grano de caucho reciclado (asfalto-caucho) serán los establecidos en los Artículos 414 y 413, respectivamente.

452.5.2.2 Calidad de los agregados pétreos y del llenante mineral**452.5.2.2.1 Aprobación inicial**

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deberán realizar los ensayos que se encuentran indicados en la Tabla 452 - 1.

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

Los resultados de estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 452.2.1, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

452.5.2.2.2 Control de producción

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

Además, se efectuarán las verificaciones de calidad indicadas en la Tabla 452 - 11 para los agregados grueso y fino y en la Tabla 452 - 12 para el llenante mineral de aporte.

El Interventor podrá autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en las Tablas 452 - 11 y 452 - 12, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En ningún caso se permitirá el empleo de agregados minerales que no satisfagan los requisitos pertinentes del numeral 452.2.1. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado insatisfactorio, se tomarán dos muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados

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

Tabla 452 - 11. Ensayos de verificación sobre los agregados para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Evaluación de la resistencia a mecánica por el método del 10% de finos	E-224	1 por mes
Coefficiente de pulimiento acelerado	E-232	Cuando cambie la procedencia de los agregados
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza, agregado grueso (F)		
Impurezas en agregado grueso	E-237	1 por semana
Limpieza, gradación combinada (F)		
Índice de plasticidad	E-125,126	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana
Valor de azul de metileno (Nota 1)	E-235	1 por semana
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)		
Partículas planas y alargadas, relación 5:1	E-240	1 por semana
Caras fracturadas	E-227	1 por jornada
Geometría de las partículas, agregado fino (F)		
Angularidad de la fracción fina, método A	E-239	1 por jornada

Nota 1: En caso de que se requiera, según el numeral 452.2.1.1.

Tabla 452 - 12. Ensayos de verificación sobre el llenante mineral de aporte para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Granulometría	E-123	1 por suministro
Densidad bulk	E-225	1 vez a la semana y siempre que cambie la procedencia del llenante

452.5.2.3 Composición de la mezcla

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

Cuantitativamente, se realizarán los siguientes controles:

452.5.2.3.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 452.5.2.5.1, se determinará el contenido de asfalto residual, según la norma de ensayo INV E-732 para el caso de asfalto modificado con polímeros, o la norma de ensayo INV E-729, para el caso de asfalto modificado con grano de caucho reciclado.

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART%) tendrá una tolerancia de tres por mil (0.3 %), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (ARF%).

$$\text{ARF\%} - 0.3 \% \leq \text{ART\%} \leq \text{ARF\%} + 0.3 \% \quad [452.1]$$

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI %), no podrá diferir del valor promedio (ART %) en más de medio por ciento (0.5 %), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$\text{ART\%} - 0.5 \% \leq \text{ARI\%} \leq \text{ART\%} + 0.5 \% \quad [452.2]$$

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

En caso de rechazo, la capa de mezcla discontinua en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será propiedad del Constructor.

452.5.2.3.2 Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados según la norma de ensayo INV E-782. La curva granulométrica de cada ensayo individual deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la Tabla 452 - 4, pero sin permitir que la curva se salga de la franja.

En caso de que los valores obtenidos excedan las tolerancias, pero no salgan de la franja, el Constructor deberá preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje medio de asfalto de la mezcla elaborada con este agregado. Ella se someterá a todas las pruebas de valoración descritas en el numeral 452.4.2 de esta especificación. Si los requisitos allí indicados no se cumplen en su totalidad, se rechazará el lote. En este caso, la capa de mezcla discontinua en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para

el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será propiedad del Constructor.

452.5.2.4 Calidad de la mezcla

452.5.2.4.1 Calidad de las mezclas tipo M

452.5.2.4.1.1 Vacíos con aire de probetas compactadas

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada, se moldearán probetas (tres por muestra), a la temperatura apropiada, para el ensayo Cántabro (norma de ensayo INV E-760) y a ellas se les determinará previamente su gravedad específica bulk (normas de ensayo INV E-733 o INV E-802).

Se determinará también la gravedad específica máxima (Dmm) sobre una muestra una muestra representativa de la mezcla del lote, mediante las normas de ensayo INV E-735 o INV E-803,

Para cada una de las probetas se calcularán los vacíos con aire mediante la norma de ensayo INV E-736, a partir de su gravedad específica bulk y de la gravedad específica máxima de la muestra representativa del lote. El valor promedio de los vacíos con aire de las seis probetas no podrá diferir en más de dos puntos porcentuales (+ 2 %) del definido al establecer la fórmula de trabajo y, simultáneamente, deberá ser mayor o igual que el límite que se establece en la Tabla 452 - 6, sin que ningún valor individual pueda ser inferior a diez por ciento (10 %).

El incumplimiento de alguna de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las muestras, sin que haya necesidad de determinar su resistencia al

desgaste. En este caso, la capa de mezcla discontinua en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será propiedad del Constructor.

452.5.2.4.1.2 Resistencia

Si el requisito sobre vacíos con aire se ha cumplido, con tres de las probetas se medirá la pérdida por abrasión en seco y con las otras tres se determinará la pérdida por abrasión luego de un período de inmersión en agua a sesenta grados Celsius (60° C) durante veinticuatro horas (24 h).

Los valores promedio de pérdida de ambos grupos deberán satisfacer los criterios establecidos en las Tablas 452 - 6 y 452 - 7. Ninguna de las probetas podrá presentar una pérdida mayor en veinte por ciento (20 %) de la máxima admisible para cada grupo.

Si uno o ambos requisitos se incumplen, se rechazará el lote representado por estas muestras. En este caso, la capa de mezcla discontinua en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será propiedad del Constructor.

452.5.2.4.2 Calidad de las mezclas tipo F

452.5.2.4.2.1 Vacíos con aire de probetas compactadas

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada, se compactarán probetas (dos por muestra), a la temperatura apropiada, con cincuenta (50) golpes/cara, para verificar en el laboratorio su gravedad

específica bulk (normas de ensayo INV E-733 o INV E-802) y su resistencia en el ensayo Marshall (norma de ensayo INV E-748).

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

Para cada una de las probetas se calcularán los vacíos con aire mediante la norma de ensayo INV E-736, a partir de su gravedad específica bulk y de la gravedad específica máxima de la muestra representativa del lote.. El valor promedio de los vacíos con aire de las cuatro probetas deberá ser mayor o igual que el límite que se establece en la Tabla 452 - 8, sin que ningún valor individual pueda ser menor de tres y medio por ciento (3.5 %).

El incumplimiento de alguna de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las muestras, sin que sea necesario hacer verificaciones de resistencia.

452.5.2.4.2.2 Estabilidad

Si el requisito sobre vacíos con aire se ha cumplido, se determinará la estabilidad Marshall de las cuatro (4) probetas. El promedio de sus estabilidades (E_m) no podrá ser menor que el valor obtenido al establecer la fórmula de trabajo (E_t).

$E_m > E_t$

[452.3]

Además, la estabilidad de cada probeta (E_i) deberá ser igual o superior al noventa por ciento (90 %) del valor medio de estabilidad (E_m), admitiéndose sólo un valor individual

bajo de ese límite, siempre y cuando no se encuentre por debajo del valor mínimo admisible establecido en la Tabla 452 - 8 de este Artículo.

$E_i > 0.90 E_m$

[452.4]

El incumplimiento de al menos una de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las muestras. En este caso, la capa de mezcla discontinua en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada por el Constructor mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será propiedad del Constructor.

452.5.2.4.3 Susceptibilidad a la humedad

Cada vez que el Interventor lo considere conveniente, de acuerdo con el aspecto y comportamiento de la mezcla colocada, se verificará en el laboratorio la susceptibilidad de la mezcla compactada a la acción del agua, empleando el ensayo de tracción indirecta descrito en la norma de ensayo INV E-725.

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

El incumplimiento de este requisito implicará la realización del ensayo sobre núcleos tomados de los diferentes lotes cuya mezcla considere el

Interventor que puede presentar este problema (seis núcleos por lote, tres curados en seco y tres bajo condición húmeda). Los lotes de material que no cumplan con el requisito serán rechazados. Además, los trabajos se deberán suspender hasta que se estudien e implementen las medidas que garanticen el cumplimiento de este requisito, las cuales pueden comprender desde la incorporación de un aditivo hasta la definición de una nueva fórmula de trabajo y un nuevo diseño de la mezcla.

452.5.2.5 Calidad del producto terminado

452.5.2.5.1 Tamaño del lote

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

- Quinientos metros lineales (500 m) de mezcla discontinua en caliente colocada en todo el ancho de la calzada;
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de mezcla discontinua en caliente colocada;
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

452.5.2.5.2 Aspectos generales

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

Además, se deberán realizar las siguientes verificaciones:

452.5.2.5.3 Compactación

Las determinaciones de densidad de la capa compactada se realizarán en una proporción de cuando menos cinco (5) por lote. Los sitios para las mediciones se elegirán al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

452.5.2.5.3.1 Mezclas tipo M

En el caso de las mezclas tipo M, el porcentaje promedio de vacíos con aire en la mezcla no podrá variar en más de tres puntos porcentuales ($\pm 3\%$) del obtenido en la fórmula de trabajo. Simultáneamente, no más de tres (3) individuos de la muestra ensayada podrán presentar valores que difieran en más de cuatro puntos porcentuales ($\pm 4\%$) del obtenido en la fórmula.

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del lote por parte del Interventor. En caso de rechazo, la capa de mezcla discontinua en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, todo ello a cargo y costa del Constructor. El material fresado será de propiedad del Constructor.

452.5.2.5.3.2 Mezclas tipo F

Para el control de la compactación de las mezclas discontinuas en caliente del tipo F, se deberá calcular su grado de compactación

a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y de los ensayos de densidad en el laboratorio, mediante la siguiente expresión:

$$GC_i = \frac{D_i}{D_e} \times 100 \quad [452.5]$$

Siendo:

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

D_i: Valor individual de la densidad en el terreno, determinado por alguno de los métodos descritos en las normas de ensayo INV E-733, INV E-734, INV E-746, E-787 o INV E-802;

D_e: Valor promedio de los valores de densidad bulk de las cuatro (4) o más probetas correspondientes al lote que se está evaluando, elaboradas en el laboratorio para la verificación de vacíos y estabilidad según el numeral 452.5.2.4.1.1.

Para el control de la compactación se aplicarán los siguientes criterios:

GC _i (90) ≥ 97.0 %	se acepta el lote	[452.6]
-------------------------------	-------------------	---------

GC _i (90) < 97.0 %	se rechaza el lote	[452.7]
-------------------------------	--------------------	---------

Siendo:

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

los trabajos”, a partir de los valores individuales del grado de compactación GC_i .

La toma de muestras testigo se hará de acuerdo con la norma INV E-758.

Sólo se aceptará la determinación de la densidad de la capa compactada por medio de densímetros nucleares (norma de ensayo INV E-746), si se garantiza, sin lugar a ninguna duda, que la medición del aparato abarca, única y exclusivamente, el espesor total de la capa que se está verificando.

En caso de rechazo, la capa de mezcla discontinua en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será propiedad del Constructor.

452.5.2.5.4 Espesor

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

$$e_m \geq e_d$$

[452.8]

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

$$e_i \geq 0.90 e_d$$

[452.9]

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del lote por parte del Interventor. En caso de rechazo, la capa de mezcla discontinua en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

452.5.2.5.5 Segregación térmica

El Constructor deberá entregar al Interventor un registro fotográfico, tomado con cámara infrarroja, de las temperaturas de extensión y compactación de toda la mezcla colocada, debidamente referenciado (norma de ensayo INV E-788).

Estas fotografías tendrán dos usos:

- Durante la construcción, el Interventor puede ordenar la toma de núcleos en los sitios donde las imágenes muestren la presencia de sitios de menor temperatura, para verificar el porcentaje de vacíos de la mezcla colocada;
- Al final de la obra, las imágenes serán incluidas en el Informe Final de Interventoría y servirán al Instituto Nacional de Vías como antecedente técnico si se presentan deterioros del pavimento durante el periodo de garantía, como consecuencia de la segregación térmica durante la construcción de la capa de rodadura con mezcla discontinua en caliente.

452.5.2.5.6 Planicidad

La superficie acabada no podrá presentar zonas de acumulación de agua, ni irregularidades mayores de diez milímetros (10 mm) cuando se compruebe con una regla de tres metros (3m), según la norma de ensayo INV E-793; la regla se colocará tanto paralela

como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja al azar el Interventor, los cuales no podrán estar afectados por cambios de pendiente. Las zonas que presenten deficiencias de este tipo deberán ser fresadas y repuestas por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, y a plena satisfacción del Interventor. El material fresado será de propiedad del Constructor.

Si la capa de apoyo no corresponde al mismo contrato, la verificación de la planicidad solo aplicará si su superficie cumple con los criterios de planicidad mencionados en el párrafo anterior.

452.5.2.5.7 Textura

Las medidas de textura se realizarán a los pocos días de terminada la capa, empleando el método descrito en la norma de ensayo INV E-791.

El número mínimo de puntos a controlar por lote será de tres (3), que se ampliarán a cinco (5) si la textura obtenida en uno de los tres (3) primeros es inferior a la especificada. Dichos puntos se elegirán al azar, de acuerdo con la norma INV E-730.

La profundidad media de textura del lote no podrá ser menor al mínimo admisible que corresponda en la Tabla 452 - 13, sin que ningún valor individual sea inferior en más de veinte por ciento (20 %) al promedio mínimo exigido y sin que existan áreas con evidencias indudables de segregación.

Si este requisito no se cumple, la capa de mezcla discontinua en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, quedando el material fresado de propiedad del Constructor. Alternativamente y a opción del Constructor, y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, éste podrá colocar una

capa adicional de una mezcla del mismo tipo, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, del mismo espesor compacto que la anterior, cumpliendo todos los requisitos de calidad de esta especificación. El riego de liga que se deba colocar para adherir las capas deberá ejecutarlo con una emulsión modificada con polímeros, en acuerdo al Artículo 421, también sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Tabla 452 - 13. Profundidad de textura y resistencia al deslizamiento mínimas admisibles para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	TIPO DE MEZCLA	
		M	F
Profundidad media de textura, mínimo (mm)	E-791	1.5	1.1
Coeficiente de resistencia al deslizamiento, mínimo	E-792		
- NT3: Glorietas; curvas con radios menores de 200 metros; pendientes $\geq 5\%$ en longitudes de 100 metros o más; intersecciones; zonas de frenado frecuente.		0.60	0.60
- NT3: Otras secciones y NT2		0.55	0.60

452.5.2.5.8 Resistencia al deslizamiento

Una vez transcurridos, como mínimo, treinta (30) días de la puesta en servicio de la capa de mezcla discontinua en caliente, se harán las determinaciones de la resistencia al deslizamiento.

Debido a que este parámetro se encuentra relacionado directamente con la seguridad de los usuarios, los puntos para su determinación en cada lote no se elegirán al azar, sino que serán ubicados por el Interventor en los lugares que considere más sensibles al deslizamiento vehicular en condición de superficie húmeda.

Las medidas se realizarán con el péndulo británico, en acuerdo con la norma de ensayo INV E-792, en

tres (3) puntos por lote en zonas en tangente y en uno (1) por cada curva horizontal y por cada zona singular (glorieta, intersección, zona de frenado, etc.) incluida dentro del lote, y ninguna de ellas podrá presentar un valor inferior al límite indicado en la Tabla 452 - 13, de acuerdo con el tipo de mezcla. En caso de que se presenten valores menores, el Interventor realizará medidas adicionales para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual deberá ser corregida por el Constructor, a su costa, bajo los mismos criterios exigidos en el inciso precedente para remediar los incumplimientos en cuanto a textura.

La resistencia al deslizamiento se puede verificar también con dispositivos de rueda parcialmente bloqueada (INV E-815). En tal caso, la especificación particular indicará el equipo autorizado, así como los valores mínimos por alcanzar, los cuales deberán ser, cuando menos, equivalentes a los señalados en la Tabla 452 - 13 para el péndulo británico

452.5.2.5.9 Regularidad superficial

Debido a su escaso espesor, las mezclas discontinuas en caliente no pueden corregir defectos asociados con la falta de regularidad del perfil longitudinal de la calzada. Por tal razón, no se permitirá la colocación de la mezcla en obra, hasta tanto no se garantice que la superficie de la capa sobre la cual se va a construir cumpla los requisitos que se exigen sobre IRI en el Artículo 450.

Todas las áreas de mezcla discontinua en caliente colocada y compactada, donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deberán ser corregidas por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

452.6 MEDIDA

Rige lo pertinente del numeral 400.6 del Artículo 400 y, en particular, lo indicado en el numeral 400.6.2.

452.7 FORMA DE PAGO

Rige lo pertinente del numeral 400.7 del Artículo 400, y en particular lo indicado en el numeral 400.7.3.

Se excluye del precio unitario de mezcla discontinua en caliente el suministro del cemento asfáltico modificado con polímeros o del cemento asfáltico adicionado con grano de caucho reciclado (asfalto- caucho) para la mezcla, que se pagará acuerdo con los Artículos 414 y 413, respectivamente.

452.8 ÍTEM DE PAGO

452.1 Mezcla discontinua en caliente tipo M-13	Metro cúbico (m ³)
452.2 Mezcla discontinua en caliente tipo M-10	Metro cúbico (m ³)
452.3 Mezcla discontinua en caliente tipo F-13	Metro cúbico (m ³)
452.4 Mezcla discontinua en caliente tipo F-10	Metro cúbico (m ³)

MEZCLA DRENANTE**ARTÍCULO 453 – 13****453.1 DESCRIPCIÓN**

Este trabajo consiste en la elaboración, transporte, colocación y compactación de una capa de mezcla asfáltica de tipo drenante, preparada y colocada en caliente, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los lineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos o determinados por el Interventor.

453.2 MATERIALES**453.2.1 Agregados pétreos y llenante mineral****453.2.1.1 Requisitos generales**

Los agregados pétreos y el llenante mineral deberán satisfacer los requisitos del Artículo 400, numeral 400.2.1. Adicionalmente, deberán cumplir con los requisitos de calidad de la Tabla 453 - 1.

Tabla 453 - 1. Requisitos de los agregados para mezcla drenante

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO
		NT2 y NT3
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%)	E-218	25
- 500 revoluciones		5
- 100 revoluciones		
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	20
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos	E-224	110
- Valor en seco, mínimo (kN)		75
- Relación húmedo/seco, mínimo (%)		
Coefficiente de pulimiento acelerado, mínimo	E-232	0.50
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de sodio, máximo (%)	E-220	18
Limpieza, agregado grueso (F)		
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	E-237	0.5

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO
		NT2 y NT3
Limpieza, gradación combinada (F)		
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	N.P
Equivalente de arena, mínimo (%) (Nota 1)	E-133	50
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 2)	E-235	10
Geometría de las partículas, agregado grueso (O)		
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%)	E-240	10
Caras fracturadas, mínimo (%): dos caras	E-227	100
Adhesividad (O)		
- Agregado grueso: Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo, mínimo (%)	E-757	Reportar
Agregado fino: adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método Riedel-Weber), índice mínimo	E-774	Reportar

Nota 1: El equivalente de arena que se exige en la Tabla 453 - 1 será el del agregado finalmente obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones (incluido el llenante mineral), según las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo y antes de pasar por el secador de la planta mezcladora. En caso de que no se cumpla el valor mínimo señalado en la Tabla 453 - 1, el agregado se aceptará si su equivalente de arena, medido en las mismas condiciones, es superior a 40 y, simultáneamente, el valor de azul de metileno, determinado mediante la norma de ensayo INV E- 235, es inferior a diez (10).

Nota 2: La determinación del valor de azul de metileno no es obligatoria si el equivalente de arena cumple con el valor mínimo señalado en la tabla.

453.2.1.2 Agregado fino

El agregado fino deberá proceder en su totalidad de la trituración de piedra de cantera o de grava natural, o parcialmente de fuentes naturales de arena. La proporción de arena natural no podrá exceder los valores indicados en la Tabla 453 - 2.

El material que se triture para obtener el agregado fino deberá cumplir con los requisitos de dureza y durabilidad establecidos para el agregado grueso en la Tabla 453 - 1.

Tabla 453 - 2. Proporción máxima de arena natural en el agregado

CARACTERÍSTICA	NIVEL DE TRÁNSITO	
	NT2	NT3
Proporción de arena natural: % de la masa total del agregado combinado	≤ 10	0
Proporción de arena natural: % de la masa total del agregado fino	≤ 50	0

453.2.1.3 Llenante mineral

El llenante mineral podrá provenir de los procesos de trituración y clasificación de los agregados pétreos, separándose de ellos por medio de los ciclones de la planta mezcladora, o podrá ser de aporte como producto comercial, generalmente cal hidratada o cemento hidráulico. La proporción de llenante mineral y los requisitos para el mismo deberán cumplir con lo mencionado en la Tabla 453 - 3.

Tabla 453 - 3. Proporción y requisitos del llenante mineral

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO	
		NT2	NT3
Proporción de llenante mineral de aporte: (% en masa del llenante total)	-	100	
Granulometría del llenante mineral de aporte: - % que pasa tamiz 425 μm (No. 40) - % que pasa tamiz 150 μm (No. 100) - % que pasa tamiz 75 μm (No. 200)	E -215	100 > 90 > 75	
Densidad bulk (g/cm ³)	E-225	0.5 a 0.8	
Vacíos del llenante seco compactado (%)	E-229	≥ 38	

453.2.1.4 Granulometría

El conjunto de agregado grueso, agregado fino y llenante mineral se deberá ajustar a la gradación indicada en la Tabla 453 - 4.

Tabla 453 - 4. Franja granulométrica para mezcla drenante

TIPO DE MEZCLA	TAMIZ (mm / U.S. Standard)						
	19.0	12.5	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
% PASA							
ÚNICA	100	70-100	50-75	15-32	9-20	5-12	3-7
TOLERANCIAS EN PRODUCCIÓN SOBRE LA FÓRMULA DE TRABAJO (±)	4 %			3 %			1 %

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

453.2.2 Material bituminoso

El material bituminoso para elaborar la mezcla drenante será cemento asfáltico modificado con polímeros, que corresponda a los tipos I o II del Artículo 414. El tipo por utilizar, será el indicado en los documentos técnicos del proyecto.

453.2.3 Aditivos mejoradores de adherencia entre los agregados y el asfalto

Cuando se requieran, deberán cumplir los requisitos del Artículo 412. La dosificación y la dispersión homogénea del aditivo deberán tener la aprobación del Interventor.

El Constructor deberá garantizar que su incorporación no producirá ningún efecto nocivo a los agregados, al ligante asfáltico o a la mezcla. Cualquier efecto adverso en el comportamiento del pavimento, que se derive del empleo del aditivo, será de responsabilidad exclusiva del Constructor, quien deberá efectuar todas las reparaciones que requiera la mezcla compactada, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a satisfacción de éste.

453.3 EQUIPO

Al respecto, se aplica lo que resulte pertinente del numeral 400.3 del Artículo 400. En relación con el detalle del equipo necesario para la ejecución de los trabajos, adicionalmente se tendrá en cuenta lo que se indica a continuación.

Para la compactación se deberán utilizar compactadores de rodillos metálicos, estáticos o vibratorios. El equipo de compactación será aprobado por el Interventor, a la vista de los resultados obtenidos en la fase de experimentación.

453.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

453.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el Artículo 105, “Desarrollo y control de los trabajos”, numeral 105.13.3.

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

Rige todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.2 del Artículo 400.

Las mezclas drenantes se diseñarán a partir de probetas cilíndricas tipo Marshall, confeccionadas como se describe en la norma de ensayo INV E-760. Las temperaturas de mezcla y compactación dependerán de las características del ligante bituminoso que se emplee y se definirán en cada caso particular durante la etapa de diseño. La temperatura de elaboración de la mezcla deberá ser tal, que se obtenga una adecuada envuelta del agregado, sin que se produzcan escurrimientos del ligante.

El contenido óptimo de material bituminoso en la mezcla se deberá elegir de manera que se cumplan los siguientes criterios:

- Los vacíos con aire de la mezcla compactada, medidos como se indica en la norma de ensayo INV E-736, no deberán ser inferiores a veinte por ciento (20 %), ni mayores de veinticinco por ciento (25 %).
- Para asegurar que los vacíos con aire están debidamente interconectados, se realizará una prueba de permeabilidad. La capacidad de drenaje se mide colocando cien mililitros (100 ml) de agua en un molde conteniendo la probeta prehumedecida. El tiempo

que tarde el agua en atravesar la muestra no deberá exceder de quince segundos (15 s);

- Las pérdidas por desgaste a veinticinco grados Celsius (25° C), determinadas de acuerdo con el procedimiento descrito en la norma INV E-760, no deberán ser superiores a veinticinco por ciento (25 %);
- La dosificación del material bituminoso no podrá ser inferior a cuatro y medio por ciento (4.5 %), respecto de la masa seca de los agregados, incluido el llenante mineral;
- Se deberá comprobar, además, la adhesividad entre el agregado y el ligante, caracterizando la mezcla en presencia de agua. Al efecto, la pérdida por abrasión en el ensayo Cántabro, según la norma de ensayo INV E-760, tras ser sometidas las probetas a un proceso de inmersión en agua durante veinticuatro horas (24 h) a sesenta grados Celsius (60° C), no podrá exceder de cuarenta por ciento (40 %). Si se supera este valor, se deberá mejorar la adhesividad mediante un aditivo mejorador de adherencia apropiado.

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

453.4.3 Preparación de la superficie existente

No se permitirá la colocación de la mezcla drenante mientras el Interventor no certifique que la capa sobre la cual se va a colocar es estructuralmente sana y que su superficie es impermeable y presenta una sección transversal apropiada.

Las áreas de la superficie existente donde se formen charcos en instantes de lluvia, requieren una capa de mezcla densa de nivelación antes de que se permita la extensión de la mezcla drenante.

No se permitirá la colocación de mezclas drenantes directamente sobre superficies fresadas.

La extensión de la mezcla drenante requiere la aplicación de un riego previo de liga, empleando una emulsión asfáltica modificada con polímeros, el cual se realizará conforme lo establece el Artículo 421.

Antes de aplicar la mezcla, se verificará que haya ocurrido el curado del riego de liga previo, no debiendo quedar restos de fluidificante ni de agua en la superficie. Si hubiera transcurrido mucho tiempo desde la aplicación del riego, se comprobará que su capacidad de liga con la mezcla no se haya mermado en forma perjudicial; si ello ha sucedido, el Constructor deberá efectuar un riego de liga adicional, en la cuantía que fije el Interventor. Si la pérdida de efectividad del riego anterior es imputable al Constructor, el nuevo riego deberá realizarlo sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Las excavaciones para bacheo, así como las operaciones de relleno con los materiales adecuados para restablecer la rasante de apoyo, se ejecutarán de acuerdo con las indicaciones del Artículo 465 para la excavación y de los Artículos que correspondan a los materiales empleados en el relleno de la misma.

453.4.4 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 400.4.3 del Artículo 400. Las temperaturas de extensión y compactación tienen especial importancia en el comportamiento de estas mezclas, razón por la cual se debe tener especial cuidado en su definición durante la fase de experimentación.

Así mismo, se deberá analizar la correspondencia entre el contenido de vacíos con aire de la mezcla compactada y la permeabilidad de la capa, medida según la norma de ensayo INV E-796.

453.4.5 Aprovechamiento de los agregados

Los agregados se suministrarán fraccionados y se manejarán separados hasta su introducción en las tolvas en frío. El número de fracciones deberá ser tal, que sea posible, con la instalación que se utilice, cumplir las tolerancias exigidas en la granulometría de la mezcla. Cada fracción será suficientemente homogénea y se deberá poder acopiar y manejar sin peligro de segregación, observando las precauciones que se detallan a continuación. En el caso de plantas asfálticas del tipo tambor secador-mezclador no se permitirá, por ningún motivo, realizar una

predosificación de las fracciones de agregados antes de su vertimiento a las tolvas de agregados en frío.

Cada fracción del agregado se acopiará separada de las demás, para evitar intercontaminaciones. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se utilizarán los quince centímetros (15 cm) inferiores de los mismos. Los acopios se construirán por capas de espesor no superior a un metro y medio (1.5 m), y no por montones cónicos. Las cargas del material se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

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

453.4.6 Fabricación de la mezcla asfáltica

La carga de las tolvas en frío se realizará de forma que éstas contengan entre el cincuenta por ciento (50 %) y el cien por ciento (100 %) de su capacidad, sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones.

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

Los agregados se calentarán antes de su mezcla con el asfalto. El secador se regulará de forma que la combustión sea completa, indicada por la ausencia de humo negro en el escape de la chimenea. Siempre que se presenten síntomas de avería en el sistema de combustión; si la combustión es incompleta o si se advierte alguna contaminación por combustible en los agregados pétreos o en la mezcla, se detendrá la producción hasta que se identifiquen y corrijan las causas del problema. Si el polvo mineral recogido en los colectores cumple las condiciones exigidas al llenante y su utilización está prevista, se podrá introducir en la mezcla; en caso contrario, se deberá eliminar. El tiro de aire en el secador se deberá regular de forma adecuada, para que la cantidad y la granulometría del llenante recuperado sean uniformes. La dosificación del

llenante de recuperación y/o el de aporte se hará de manera independiente de los agregados y entre sí.

En las plantas de tipo discontinuo, se deberá comprobar que la unidad clasificadora en caliente proporcione a las tolvas en caliente agregados homogéneos; en caso contrario, se tomarán las medidas necesarias para corregir la heterogeneidad.

Los agregados preparados como se ha indicado anteriormente, y eventualmente el llenante mineral seco, se pesarán o medirán exactamente y se transportarán al mezclador en las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo.

Después de haber introducido en el mezclador los agregados y el llenante, se agregará automáticamente el material bituminoso calculado para cada bachada, el cual se deberá encontrar a la temperatura adecuada, y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

En ningún caso se introducirá en el mezclador el agregado caliente a una temperatura superior en más de quince grados Celsius (15° C) a la temperatura del asfalto.

En el momento de la mezcla, la temperatura del asfalto deberá ser tal, que se consiga la envuelta perfecta de los agregados, sin que se produzcan escurrimientos del ligante. El volumen de materiales en el mezclador no será tan grande que sobrepase los extremos de las paletas, cuando éstas se encuentren en posición vertical, siendo recomendable que no superen los dos tercios (2/3) de su altura. Todos los tamaños del agregado deberán estar uniformemente distribuidos en la mezcla y sus partículas total y homogéneamente cubiertas de ligante. La temperatura de la mezcla recién elaborada no excederá de la fijada durante la definición de la fórmula de trabajo.

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

Se rechazarán todas las mezclas heterogéneas, carbonizadas o sobrecalentadas, las mezclas con espuma, o las que presenten indicios de contaminación o de humedad. En este último caso, se retirarán los agregados de las correspondientes tolvas en caliente de las plantas de

tipo discontinuo. También, se rechazarán aquellas mezclas en las que la envuelta no sea perfecta.

453.4.7 Transporte de la mezcla

La mezcla se transportará a la obra en volquetas carpadas, hasta una hora del día en que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar correctamente con luz solar. Sólo se permitirá el trabajo en horas de la noche si, a juicio del Interventor, existe una iluminación artificial que permita la extensión y la compactación de manera adecuada.

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

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

453.4.8 Transferencia de la mezcla

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

453.4.9 Extensión de la mezcla

La mezcla recibida de la volqueta o de la máquina de transferencia será extendida con máquinas pavimentadoras, de modo que se cumplan los alineamientos, anchos y espesores señalados en los planos o determinados por el Interventor.

A menos que el Interventor expida una instrucción en contrario, la extensión se realizará en franjas longitudinales y comenzará a partir del borde de la calzada en las zonas por pavimentar con sección bombeada, o en el lado inferior en las secciones peraltadas. Siempre que resulte

posible, se evitarán las juntas longitudinales realizando la extensión en ancho completo, trabajando si es necesario con dos (2) o más pavimentadoras ligeramente desfasadas. Si por razones prácticas de la obra ello no resulta posible, se deberá trabajar de manera que las juntas longitudinales coincidan con una limatesa del pavimento.

La pavimentadora se regulará de manera que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin arrastres ni segregaciones, y con un espesor tal que, luego de compactada, se ajuste a la rasante y sección transversal indicadas en los planos, con las tolerancias establecidas en la presente especificación. Por ningún motivo se permitirá el empleo de máquinas pavimentadoras que dejen marcas o depresiones en la superficie u otros defectos permanentes en ella.

Tampoco se permitirá la segregación de la mezcla. Si ella ocurre, su extensión deberá ser suspendida inmediatamente hasta que su causa sea determinada y corregida. Toda área segregada o con irregularidades que no sea corregida antes de la compactación, deberá ser removida y reemplazada con material apropiado, a expensas del Constructor.

La colocación de la mezcla se realizará con la mayor continuidad posible, ajustando la velocidad de la pavimentadora a la producción de la planta asfáltica, de manera que aquella sufra el menor número de detenciones.

En caso de trabajo intermitente, se comprobará que la temperatura de la mezcla que quede sin extender en la tolva o bajo la pavimentadora no baje de la especificada para el inicio de la compactación; de lo contrario, se deberá ejecutar una junta transversal.

En los sitios en los que a juicio del Interventor no resulte posible el empleo de máquinas pavimentadoras, la mezcla se podrá extender a mano. La mezcla se descargará fuera de la zona que se vaya a pavimentar, y distribuirá en los lugares correspondientes mediante procedimientos aprobados por aquel, en una capa uniforme y de espesor tal que, una vez compactada, se ajuste a los planos o instrucciones del Interventor, con las tolerancias establecidas en la presente especificación.

453.4.10 Compactación de la mezcla

La compactación se realizará según el plan aprobado por el Interventor como resultado de la fase de experimentación. Deberá comenzar, una vez extendida la mezcla, a la temperatura más alta posible con que ella pueda

soportar la carga a que se somete, sin que se produzcan desplazamientos indebidos.

La compactación se realizará longitudinalmente de manera continua y sistemática. Deberá empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas en donde el cilindrado avanzará del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma aprobada por el Interventor, hasta que la superficie total haya sido compactada. Si la extensión de la mezcla se ha realizado por franjas, al compactar una de ellas se ampliará la zona de compactación para que incluya al menos quince centímetros (15 cm) de la anterior.

Los rodillos deberán llevar su rueda motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el Interventor, y sus cambios de dirección se harán sobre la mezcla ya compactada. Los elementos de compactación deberán estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos. No se permitirán, sin embargo, excesos de agua.

Las mezclas drenantes requieren un menor esfuerzo de compactación que las mezclas densas. El número de pasadas deberá ser el establecido durante la fase de experimentación y será lo suficientemente bajo para prevenir excesos de compactación que reduzcan el volumen de aire en la mezcla. Igualmente, las temperaturas requeridas para la compactación también son menores, pero se debe tener cuidado de terminar el proceso con prontitud debido a que, por el limitado espesor de la capa y su elevado contenido de vacíos, la mezcla pierde temperatura rápidamente.

La compactación se deberá realizar de manera continua durante la jornada de trabajo y se complementará con el trabajo manual necesario para la corrección de todas las irregularidades que se puedan presentar. Sin embargo, las correcciones mediante procedimientos manuales se deberán evitar al máximo, a causa de la aspereza de la mezcla.

La temperatura de la mezcla se deberá verificar al comienzo y al final del proceso de compactación.

453.4.11 Juntas de trabajo

Las juntas de trabajo de las mezclas drenantes deberán permitir siempre el libre flujo de agua a través de la capa compactada. Si la construcción de juntas longitudinales es inevitable, al extender franjas contiguas no suele

ser necesario el corte de la junta si ella no se produce en una limatesa del pavimento. Por ningún motivo se permitirá la aplicación de un riego de liga sobre la superficie de contacto entre las dos (2) franjas.

Las juntas transversales en la capa de rodadura drenante se deberán construir en forma diagonal, con el punto más avanzado en la parte más alta de la franja que se compacta, de tal forma que si la junta forma una barrera, la pendiente permita la salida del agua hacia el exterior. La compactación de estas juntas se realizará en sentido transversal, disponiendo los apoyos adecuados para los elementos de compactación.

453.4.12 Apertura al tránsito

Alcanzado el nivel de compactación exigido, el tramo pavimentado se podrá abrir al tránsito tan pronto la capa alcance la temperatura ambiente en todo su espesor.

453.4.13 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la extensión y compactación de la mezcla en momentos de lluvia, ni cuando haya fundado temor que ella ocurra o cuando la temperatura ambiente a la sombra y la del pavimento sean inferiores a ocho grados Celsius (8° C).

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

453.4.14 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

453.4.15 Reparaciones

Todos los defectos no advertidos durante la colocación y compactación, tales como protuberancias, juntas irregulares, depresiones,

irregularidades de alineamiento y de nivel, deberán ser corregidos por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor. El Constructor deberá proporcionar trabajadores competentes, capaces de ejecutar a satisfacción el trabajo eventual de correcciones en todas las irregularidades del pavimento construido.

453.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

453.5.1 Controles

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

453.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

453.5.2.1 Calidad del ligante asfáltico

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para el cemento asfáltico modificado con polímeros serán los establecidos en el Artículo 414.

453.5.2.2 Calidad de los agregados pétreos y del llenante mineral

453.5.2.2.1 Aprobación inicial

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deberán realizar los ensayos que se encuentran indicados en la Tabla 453 - 1.

Así mismo, para cada procedencia del llenante mineral y para cualquier volumen previsto, se tomarán dos (2) muestras y sobre ellas se determinará la densidad aparente, según la norma INV E-225. Los resultados de estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas en 453.2.01.C, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

453.5.2.2.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se ordenará el retiro de los

agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, se ordenará acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas, y plasticidad, y vigilará la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, se efectuarán las verificaciones de calidad indicadas en la Tabla 453 - 5 para los agregados grueso y fino y en la Tabla 453 - 6 para el llenante mineral de aporte.

Tabla 453 - 5. Ensayos de verificación sobre los agregados para las mezclas drenantes

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos	E-224	1 por mes
Coefficiente de pulimiento acelerado	E-232	Cuando cambie la procedencia de los agregados
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza, agregado grueso (F)		
Impurezas en agregado grueso	E-237	1 por semana
Limpieza, gradación combinada (F)		
Índice de plasticidad	E-125 y 126	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana
Valor de azul de metileno (Nota 1)	E-235	1 por semana
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)		
Partículas planas y alargadas, relación 5:1	E-240	1 por semana
Caras fracturadas	E-227	1 por jornada
Geometría de las partículas, agregado fino (F)		
Angularidad de la fracción fina, método A	E-239	1 por jornada
Adhesividad, gradación combinada (O)		
Resistencia conservada en tracción indirecta	E-725	80

Nota 1: En caso de que no se cumpla el valor mínimo de equivalente de arena señalado en la Tabla 453 - 1.

Tabla 453 - 6. Ensayos de verificación sobre el llenante mineral de aporte para las mezclas drenantes

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Granulometría	E-123	1 por suministro
Densidad bulk	E-225	1 vez a la semana y siempre que cambie la procedencia del llenante

El Interventor podrá autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en las Tablas 453 - 5 y 453 - 6, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En ningún caso se permitirá el empleo de agregados minerales que no satisfagan los requisitos pertinentes del numeral 453.2.1. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado insatisfactorio, se tomarán dos muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos de comprobación deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

453.5.2.3 Composición de la mezcla

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

Cuantitativamente, se realizarán los siguientes controles:

453.5.2.3.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 453.5.2.5.1, se determinará el contenido de asfalto residual (Norma de ensayo INV E-732).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART%) tendrá una tolerancia de tres por mil (0.3 %), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (ARF%).

$$\text{ARF\%} - 0.3 \% \leq \text{ART\%} \leq \text{ARF\%} + 0.3 \% \quad [453.1]$$

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI %), no podrá diferir del valor promedio (ART %) en más de medio por ciento (0.5 %), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$\text{ART\%} - 0.5 \% \leq \text{ARI\%} \leq \text{ART\%} + 0.5 \% \quad [453.2]$$

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

En caso de rechazo, la capa de mezcla drenante correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será propiedad del Constructor.

453.5.2.3.2 Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados.

La curva granulométrica de cada ensayo individual deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la Tabla 453 - 4, pero sin permitir que la curva se salga de la franja.

En el caso de que los valores obtenidos excedan las tolerancias, pero no salgan de la franja, el Constructor deberá preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje medio de asfalto de la mezcla elaborada con este agregado. Ella se someterá a las pruebas de valoración descritas en el aparte 453.4.2. Si todos los requisitos allí indicados se cumplen, se aceptará el lote. En caso contrario, se rechazará.

En caso de rechazo, la capa de mezcla drenante correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será propiedad del Constructor.

453.5.2.4 Calidad de la mezcla**453.5.2.4.1 Resistencia**

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada, se moldearán probetas (tres por muestra), para el ensayo Cántabro (norma de ensayo INV E-760) y a ellas se les determinará su gravedad específica bulk (norma de ensayo INV E-802) para el cálculo de vacíos con aire.

Con tres de las probetas se medirá la pérdida por abrasión en seco y con las otras tres se determinará

la pérdida por abrasión luego de un período de inmersión en agua a sesenta grados Celsius (60° C) durante veinticuatro horas (24 h).

Los valores promedio de pérdida de ambos grupos deberán satisfacer los criterios descritos en el numeral 453.4.2. Ninguna de las probetas podrá presentar una pérdida mayor en veinte por ciento (20 %) de la máxima admisible para cada grupo.

El incumplimiento de alguna de estas exigencias acarrea el rechazo del lote representado por las muestras. En este caso, la capa de mezcla drenante correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será propiedad del Constructor.

453.5.2.4.2 Vacíos con aire

Se determinará la gravedad específica máxima (D_{mm}) sobre una muestra una muestra representativa de la mezcla del lote, mediante las normas de ensayo INV E-735 o INV E-803.

Para cada una de las probetas moldeadas según el numeral anterior, se calcularán los vacíos con aire mediante la norma de ensayo INV E-736, a partir de su gravedad específica bulk y de la gravedad específica máxima de la muestra representativa del lote. El valor promedio de los vacíos con aire de las seis (6) probetas no podrá diferir en más de dos puntos porcentuales ($\pm 2\%$) del definido al establecer las fórmula de trabajo y, simultáneamente, se deberá encontrar en el rango que se establece en el numeral 453.4.2, sin que ningún valor individual se pueda salir de él en más de tres puntos porcentuales ($\pm 3\%$).

El incumplimiento de alguna de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las

muestras. En este caso, la capa de mezcla drenante correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será propiedad del Constructor.

453.5.2.5 Calidad del producto terminado

453.5.2.5.1 Tamaño del lote

Se considerará como “lote” que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500 m) de mezcla drenante colocada en todo el ancho de la calzada;
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de mezcla drenante colocada;
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

453.5.2.5.2 Aspectos generales

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

Además, se harán las siguientes verificaciones:

453.5.2.5.3 Compactación

Las verificaciones de la compactación de la capa se realizarán en una proporción de cuando menos

cinco (5) por lote. Los sitios para las mediciones se elegirán al azar de acuerdo con la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro. El porcentaje promedio de vacíos con aire en la mezcla no podrá variar en más de tres puntos porcentuales ($\pm 3\%$) del obtenido en la fórmula de trabajo y, simultáneamente, se deberá encontrar en el rango que se establece en el numeral 453.4.2. Además, no más de tres (3) individuos del lote ensayado podrán presentar valores que difieran en más de cuatro puntos porcentuales ($\pm 4\%$) del obtenido al establecer la fórmula de trabajo.

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del lote por parte del Interventor. En caso de rechazo, la capa de mezcla drenante correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

453.5.2.5.4 Espesor

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

$$e_m \geq e_d \quad [453.3]$$

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

$$e_i \geq 0.90 e_d$$

[453.4]

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del lote por parte del Interventor. En este caso, la capa de mezcla drenante correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

453.5.2.5.5 Planicidad

La superficie acabada no podrá presentar irregularidades mayores de diez milímetros (10 mm) cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793; la regla se colocará tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja al azar el Interventor, los cuales no podrán estar afectados por cambios de pendiente. Las zonas que presenten deficiencias de este tipo deberán ser fresadas y repuestas por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, y a plena satisfacción del Interventor. El material fresado será de propiedad del Constructor.

453.5.2.5.6 Textura

Las medidas de textura se realizarán a los pocos días de terminada la capa, empleando el método descrito en la norma de ensayo INV E-791.

El número mínimo de puntos a controlar por lote será de tres (3), que se ampliarán a cinco (5) si la textura obtenida en uno de los tres (3) primeros es inferior a la especificada. Dichos puntos se elegirán al azar, de acuerdo con la norma INV E-730. Después de diez (10) lotes consecutivos aceptados, el Interventor podrá reducir la frecuencia de los ensayos.

La profundidad promedio de textura del lote no podrá ser menor de quince décimas de milímetro (1.5 mm), sin que ningún valor individual sea inferior en más de veinte por ciento (20 %) al promedio mínimo exigido.

El incumplimiento de al menos uno de estos requisitos implicará el rechazo del lote representado por los ensayos. En tal caso, se deberá remover la capa drenante correspondiente al lote y colocar una nueva capa drenante del mismo espesor, por cuenta del Constructor, a plena satisfacción del Interventor y sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías. El material removido será de propiedad del Constructor.

453.5.2.5.7 Resistencia al deslizamiento

Una vez transcurrido, como mínimo treinta (30) días de la puesta en servicio de la capa de mezcla drenante, se harán las determinaciones de la resistencia al deslizamiento.

Debido a que este parámetro se encuentra relacionado directamente con la seguridad de los usuarios, los puntos para su determinación no se elegirán al azar, sino que serán ubicados por el Interventor en los lugares que considere más sensibles al deslizamiento vehicular en condición de superficie húmeda.

Las medidas se realizarán con el péndulo británico, en acuerdo con la norma de ensayo INV E-792, en tres (3) puntos por lote en zonas en tangente y en uno (1) por cada curva horizontal y por cada zona singular (glorieta, intersección, zona de frenado, etc.) incluida dentro del lote, y ninguna de ellas podrá presentar un valor inferior al límite indicado en la Tabla 453 - 7.

Tabla 453 - 7. Valores mínimos admisibles del coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo británico

ZONA DE LA CARRETERA	COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO, MÍNIMO
Zonas de tangente	0.55
Otras zonas	0.60

La resistencia al deslizamiento se puede verificar también con dispositivos de rueda parcialmente bloqueada (INV E-815). En tal caso, la especificación particular indicará el equipo autorizado, así como los valores mínimos por alcanzar, los cuales deberán ser, cuando menos, equivalentes a los señalados en la Tabla 453 - 7 para el péndulo británico

En caso de que se presenten valores menores, el Interventor adelantará medidas adicionales para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual deberá ser corregida por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, bajo el mismo criterio exigido en el inciso precedente para remediar los incumplimientos en cuanto a textura.

453.5.2.5.8 Regularidad superficial (rugosidad)

El Índice Internacional de Rugosidad (IRI) se comprobará de manera continua en toda la longitud de la obra y en cada carril, antes del recibo definitivo de la misma. Para los efectos de aceptación del pavimento terminado, este Artículo establece que la determinación del IRI se deberá realizar, únicamente, con procedimientos de medida de precisión o con equipos de referencia inercial.

Las medidas de precisión se podrán adelantar con mira y nivel, de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma INV E-794 o con un perfilómetro pivotante de alta precisión, norma INV E-814.

Si se opta por el equipo de referencia inercial, éste se deberá validar previamente con uno de precisión en un tramo de prueba de longitud no menor de doscientos metros (200 m). El equipo de referencia inercial se deberá operar de acuerdo con la norma ASTM E 950.

Para efectos de la evaluación con fines de recibo, las medidas se harán en cada uno de los carriles del pavimento construido y los valores del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) se presentarán en m/km, en tramos consecutivos de cien metros (100 m) por carril, con la excepción que se cita en el párrafo siguiente. Un conjunto de cinco (5) tramos constituirá un lote.

No habrá exigencia sobre el cumplimiento de regularidad superficial en tramos que incluyan singularidades, entendiendo por tales todas aquellas alteraciones del perfil longitudinal de la carretera que incrementen el IRI y no provengan de deficiencias constructivas, como pueden ser intersecciones con otras vías, puentes, pozos de inspección, reductores de velocidad, etc., los cuales será definidos por el Interventor, con su ubicación respectiva (carril y abscisa), antes de proceder a la determinación del índice internacional de rugosidad (IRI).

Se entenderá que la superficie del pavimento tiene una regularidad superficial aceptable, si a lo largo de la longitud evaluada en cada carril se satisfacen los valores indicados en la Tabla 453 - 8.

Si los resultados de IRI exceden los límites especificados en la Tabla 453 - 8, toda la longitud del lote deberá ser fresada y repuesta en el mismo espesor. El fresado, traslado y disposición del material demolido y la reconstrucción de la capa, con la calidad exigida por el presente Artículo, serán a expensas del Constructor. El material demolido será de propiedad del Constructor. Éste, a su vez, no

podrá invocar las reconstrucciones motivadas por deficiencias en la regularidad superficial, como causas justificativas del incumplimiento en el programa de trabajo.

Tabla 453 - 8. Valores máximos admisibles de IRI (m/km), para tránsitos NT2 y NT3

PORCENTAJE DE HECTÓMETROS	PAVIMENTOS DE CONSTRUCCIÓN NUEVA Y REHABILITADOS EN ESPESOR ≥ 100 mm	PAVIMENTOS REHABILITADOS EN ESPESOR < 100 mm
40	1.4	1.9
80	2.0	2.5
100	2.5	3.0

453.5.2.5.9 Segregación térmica

El Constructor deberá entregar al Interventor un registro fotográfico, tomado con cámara infrarroja, de las temperaturas de extensión y compactación de toda la mezcla colocada, debidamente referenciadas (norma de ensayo INV E-788).

Estas fotografías, que serán incluidas en el informe final de Interventoría, servirán al Instituto Nacional de Vías como antecedente técnico si se presentan deterioros de la capa de mezcla drenante durante el período de garantía, como consecuencia de la segregación térmica durante la construcción.

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

453.6 MEDIDA

Rige lo descrito en el numeral 400.6 y, en particular, en el numeral 400.6.2 del Artículo 400.

453.7 FORMA DE PAGO

Rige lo descrito en el numeral 400.7 y, en particular, en el 400.7.03 del Artículo 400.

Se excluye del precio unitario el suministro del cemento asfáltico modificado con polímeros para la mezcla, el cual se pagará de acuerdo con el Artículo 414.

453.8 ÍTEM DE PAGO

453.1 Mezcla drenante

Metro cúbico(m³)

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO

ARTÍCULO 460 – 13

460.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el fresado en frío parcial o total de las capas asfálticas de un pavimento, de acuerdo con los alineamientos, cotas y espesores indicados en los documentos del proyecto y las instrucciones del Interventor.

460.2 MATERIALES

Este requisito no es aplicable en la presente especificación.

460.3 EQUIPO

El equipo para la ejecución de los trabajos deberá ser una máquina fresadora cuyo estado, potencia y capacidad productiva garanticen el correcto cumplimiento del plan de trabajo. Si durante el transcurso de los trabajos el Interventor observa deficiencias o mal funcionamiento de la máquina, ordenará su inmediata reparación o reemplazo.

460.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

460.4.1 Preparación de la superficie existente

Inmediatamente antes de las operaciones de fresado, la superficie de pavimento se deberá encontrar limpia y, por lo tanto, el Constructor deberá adelantar las operaciones de barrido y/o soplado que se requieran para lograr tal condición.

460.4.2 Fresado del pavimento

El fresado se efectuará sobre el área y espesor que apruebe el Interventor, a temperatura ambiente y sin adición de solventes u otros productos ablandadores que puedan afectar la granulometría de los agregados o las propiedades del asfalto existente.

El material extraído como resultado del fresado, deberá ser transportado y acopiado en los lugares que indiquen los documentos del proyecto o que establezca el Interventor y será de propiedad del Instituto Nacional de Vías. Se exceptúan de esta disposición los materiales provenientes de las capas de una construcción nueva que deban ser fresadas por el Constructor como resultado de deficiencias en los trabajos de pavimentación que esté ejecutando y cuyo retiro sea ordenado por el Interventor, sin medida ni pago por parte del Instituto Nacional de Vías. En tal caso, el material fresado será de propiedad del Constructor quien, además, deberá realizar a su costa el cargue, transporte, descargue y disposición en vertedero de dichos materiales.

Durante el manipuleo del material fresado, se deberá evitar su contaminación con suelos u otros materiales extraños.

En proximidades de sardineles y en otros sitios inaccesibles al equipo de fresado, el pavimento se deberá remover empleando otros métodos que den lugar a una superficie apropiada.

El trabajo de fresado se podrá realizar en varias capas, hasta alcanzar el espesor del proyecto, debiendo quedar una superficie nivelada y sin fracturas.

En la eventualidad de que al término de una jornada de trabajo no se complete el fresado en todo el ancho de la calzada, los bordes verticales, en sentido longitudinal, cuya altura supere cinco centímetros (5 cm), se deberán suavizar de manera que no impliquen peligro para el tránsito automotor. Igual precaución se tomará en los bordes transversales que queden al final de cada jornada.

Cualquiera que sea el método utilizado por el Constructor, los trabajos de fresado no deberán producir daños a objetos, estructuras y plantas que se encuentren cerca a la zona de acción de sus equipos y, por lo tanto, deberá tomar las precauciones que corresponda, siendo de su responsabilidad todos los daños y perjuicios que se ocasionen en dichos elementos durante el desarrollo de los trabajos. Al efecto, el Interventor estará facultado para exigir la modificación o el incremento de todas las medidas de seguridad que se hayan adoptado inicialmente.

460.4.3 Limitaciones en la ejecución

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

460.4.4 Manejo ambiental

En relación con el manejo ambiental, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400, “Disposiciones generales para la ejecución de riegos de imprimación, liga y curado, tratamientos superficiales, sellos de arena asfalto, lechadas asfálticas, mezclas asfálticas en frío y en caliente y reciclado de pavimentos asfálticos”.

460.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

460.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se verificará el funcionamiento del equipo empleado y se levantarán los perfiles que el Interventor considere necesarios.

El Interventor se abstendrá de aceptar en el acopio cualquier material fresado que resulte contaminado como resultado de un manipuleo incorrecto por parte del Constructor.

460.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

460.5.2.1 Espesor fresado

Se admitirá una tolerancia de las cotas de la superficie resultante, respecto de las de proyecto, hasta de cinco milímetros (5 mm). Los tramos donde se supere esta tolerancia se deberán someter a tratamiento adicional por parte del Constructor de acuerdo con las instrucciones del

Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

460.5.2.2 Regularidad superficial

Cuando sobre la superficie fresada se vaya a construir un tratamiento superficial, una lechada asfáltica o una mezcla discontinua en caliente, se comprobará el índice internacional de rugosidad (IRI) en toda la longitud fresada y en cada carril, antes de su recibo definitivo. Su determinación se realizará con un procedimiento de precisión o por medio de un sistema de referencia inercial.

Las medidas de precisión se podrán adelantar con mira y nivel, de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma INV E-794 o con un perfilómetro pivotante de alta precisión, norma INV E-814.

Si se opta por el equipo de referencia inercial, éste se deberá validar previamente con uno de precisión en un tramo de prueba de longitud no menor de doscientos metros (200 m). El equipo de referencia inercial se deberá operar de acuerdo con la norma ASTM E 950.

Para efectos de la evaluación con fines de recibo, las medidas se harán en cada uno de los carriles de la superficie fresada y los valores del índice de rugosidad internacional (IRI) se presentarán en m/km, en tramos consecutivos de cien metros (100 m) por carril, con la excepción que se cita en el párrafo siguiente. Un conjunto de cinco (5) tramos constituirá un lote.

No habrá exigencia sobre el cumplimiento de regularidad superficial en tramos que incluyan singularidades, entendiéndose por tales todas aquellas alteraciones del perfil longitudinal de la carretera que incrementen el IRI y no provengan de deficiencias en el procedimiento de fresado, como pueden ser intersecciones con otras vías, puentes, pozos de inspección, etc., los cuales serán definidos por el Interventor, con su ubicación respectiva (carril y abscisa), antes de proceder a la medida del perfil longitudinal.

Se entenderá que la superficie fresada tiene una regularidad superficial aceptable, si a lo largo de la longitud evaluada en cada carril se satisfacen los valores indicados en la Tabla 460 - 1.

Tabla 460 - 1. Valores máximos admisibles de IRI

PORCENTAJE DE HECTÓMETROS	IRI (m/km)
40	1.9
80	2.5
100	3.0

Si los resultados de rugosidad exceden estos límites, los defectos de regularidad se corregirán mediante un fresado adicional en los tramos que, a juicio del Interventor, incidan en el incumplimiento. Los espesores por fresar en cada tramo serán establecidos por el Interventor y todos los costos que impliquen estas correcciones, serán asumidos por el Constructor. El material fresado por esta razón, será de propiedad del Instituto Nacional de Vías.

460.6 MEDIDA

La unidad de medida del pavimento asfáltico fresado será el metro cuadrado (m²), aproximado al entero, de superficie fresada de acuerdo con las exigencias de esta especificación y los alineamientos, cotas y espesores señalados en los documentos del proyecto y las instrucciones del Interventor.

El área tratada se determinará multiplicando la longitud fresada por el ancho tratado, el cual estará establecido en los planos del proyecto o será fijado por el Interventor. No se medirá ningún área por fuera de tales límites.

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

460.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y a satisfacción plena del Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de limpieza previa que requiera la superficie, el fresado para alcanzar las cotas o espesores que indique el proyecto o autorice el Interventor; el cargue, transporte, descarga y acopio del material fresado en los sitios establecidos; la reparación a satisfacción de todos los elementos que hayan sido afectados por la ejecución de los trabajos; la señalización preventiva y el ordenamiento del tránsito público durante el lapso de ejecución de los trabajos y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del fresado del pavimento asfáltico.

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

460.8 ÍTEM DE PAGO

460.1 Fresado de pavimento asfáltico en espesor de _____ Metro cuadrado
cm (m²)

Nota: se deberá fijar un ítem de pago para cada espesor de fresado que se especifique en los documentos del contrato.

RECICLADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN FRÍO EN EL LUGAR EMPLEANDO LIGANTES BITUMINOSOS

ARTÍCULO 461 – 13

461.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la disgregación de las capas asfálticas y parte de la base granular de un pavimento existente, de acuerdo con las profundidades de corte señaladas en los documentos del proyecto o indicadas por el Interventor; la eventual adición de nuevos materiales pétreos, agua, mejoradores de adherencia, controladores de rotura, puzolanas y otros elementos de aporte; la incorporación de emulsión asfáltica o cemento asfáltico espumado; y la mezcla, extensión, compactación y curado de los materiales tratados, de acuerdo con los planos del proyecto y las instrucciones del Interventor.

461.2 MATERIALES

461.2.1 Agregados pétreos

461.2.1.1 Agregados pétreos resultantes de la pulverización del pavimento

Los agregados pétreos resultantes de la pulverización mecánica de las capas de pavimento en el espesor indicado en el proyecto y ajustado por el Interventor cuando corresponda, deberán cumplir con la granulometría indicada en la Tabla 461 - 1.

Tabla 461 - 1. Franja granulométrica de los agregados reciclados en frío en el lugar empleando ligantes bituminosos

MATERIAL	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	1 ½"	1"	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
	% PASA							
PULVERIZADO DEL PAVIMENTO EXISTENTE, AJUSTADO CON MATERIAL DE ADICIÓN CUANDO SE REQUIERA	100	75-100	65-100	45-75	30-60	20-45	10-30	5-20

461.2.1.2 Agregados pétreos de adición

En el caso de que se requiera la adición de material pétreo para satisfacer el requisito de gradación, éste deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 461 - 2.

Tabla 461 - 2. Requisitos de los agregados de adición para reciclado del pavimento existente

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO		
		NT-1	NT-2	NT-3
Dureza, agregado grueso (O)				
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%)	E-218	40	40	40
Degradación en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	30	25
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos	E-224	-	-	70
- Valor en seco, mínimo (kN)				75
- Relación húmedo/seco, mínimo (%)				
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos de magnesio, máximo (%)	E-220	18	18	18
- Agregado grueso				
- Agregado fino	18	18	18	
Limpieza, gradación combinada (F)				
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	N. P	N,P	N.P
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	30	30	30
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 1)	E-235	10	10	10
Terrones de arcilla y partículas deleznable, máximo (%)	E-211	2	2	2
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)				
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%)	E-240	10	10	10
Caras fracturadas, mínimo (%): una cara / dos caras	E-227	50 / -	50 / -	50 / -
Geometría de las partículas, agregado fino (F)				
Angularidad de la fracción fina, método A, mínimo (%)	E-239	-	35	35
Resistencia del material (F)				
CBR (%): Porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca en el Artículo 330, "Base granular", medido en una muestra sometida a cuatro días de inmersión, mínimo.	E-148	80	80	100
Adhesividad, gradación combinada				
Resistencia conservada inmersión – compresión, mínimo (%)	E - 622	50	50	50

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

Es recomendable que el agregado de adición tenga características mineralógicas similares a las del agregado que se recicla, con el fin de evitar que el ligante tenga diferente adhesividad con cada uno de los componentes.

El producto del porcentaje que pasa el tamiz de 75 μ m (No. 200) del agregado combinado por su índice de plasticidad, no podrá ser mayor de setenta y dos (72).

461.2.2 Materiales bituminosos

Para los reciclados en frío en el lugar con emulsión asfáltica, ésta será de rompimiento lento, del tipo CRL-1, cuyo residuo de destilación tenga una penetración entre cien y doscientas cincuenta (100–250) décimas de milímetro, que sea compatible con los agregados pétreos, la cual deberá cumplir con los requisitos de calidad establecidos en el Artículo 411. Si se requiere una emulsión de diferentes características, de efecto regenerante por ejemplo, ella deberá ser objeto de una especificación particular.

Se deberá comprobar, además, la compatibilidad de la emulsión asfáltica con el material fresado mediante el ensayo de envuelta y resistencia al desplazamiento sin adición de carbonato de calcio, según la norma de ensayo INV E-769.

Para los reciclados con cemento asfáltico espumado, el ligante será de penetración 80-100, compatible con los agregados pétreos, el cual deberá cumplir con los requisitos de calidad establecidos en el Artículo 410. Si se requiere un cemento asfáltico de diferentes características, éste deberá ser objeto de una especificación particular.

En cualquier caso, se prohíbe la adición de fluidificantes ligeros o crudos de petróleo para producir el reblandecimiento del asfalto del pavimento existente.

461.2.3 Puzolanas

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

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

461.2.4 Aditivos mejoradores de adherencia entre los agregados y el asfalto

Cuando se requieran, se deberán ajustar a lo descrito en el Artículo 412. La dosificación y dispersión homogénea del aditivo, deberán tener la aprobación del Interventor.

El Constructor deberá garantizar que su incorporación no producirá ningún efecto nocivo a los agregados, al ligante asfáltico o a la mezcla. Cualquier efecto adverso en el comportamiento del pavimento, que se derive del empleo del aditivo, será de responsabilidad exclusiva del Constructor, quien deberá efectuar todas las reparaciones que requiera la mezcla compactada, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a satisfacción de éste, sin cargo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

461.2.5 Agua

El agua requerida para el humedecimiento previo de los agregados pétreos deberá ser limpia y libre de materia orgánica. Puede ser agua potable; si no lo es, deberá cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 461 - 3.

Tabla 461 - 3. Requisitos del agua no potable para reciclados en frío en el lugar empleando ligantes bituminosos

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

461.3 EQUIPO

En adición a lo que resulte aplicable del numeral 400.3 del Artículo 400, el equipo para los trabajos aquí especificados deberá contar con elementos para la explotación, cargues, transportes, trituración, lavado cuando se requiera, y clasificación de los eventuales agregados pétreos de adición para la corrección

granulométrica; para la extracción de agua; para el almacenamiento, transporte y distribución del agua y del ligante asfáltico; para la disgregación del pavimento existente y para la mezcla adecuada de todos los ingredientes; así como para la compactación y conformación de la capa reciclada.

Salvo justificación en contrario, será obligatorio el empleo de máquinas recicladoras que integren en una sola unidad las operaciones de fresado, de dosificación, de distribución de los fluidos, de mezcla y de extensión de la mezcla elaborada.

La máquina recicladora deberá estar provista de un rotor de fresado de eje horizontal y deberá ser capaz de fresar el pavimento en la profundidad y ancho especificados, produciendo un material homogéneo en una sola pasada a velocidad constante. La máquina deberá poseer un dispositivo de control automático que asegure el fresado en el espesor especificado, y de un elemento que evite el levantamiento del material en bloques.

La máquina recicladora deberá tener la posibilidad de introducir los aditivos líquidos de manera uniforme y precisa. Deberá, además, estar equipada con un tacómetro acoplado al control de la bomba de caudal variable, que asegure que el ligante solo es adicionado cuando la máquina está en marcha. El sistema de medida debe incluir un totalizador que permita conocer la cantidad de producto bituminoso que se está utilizando en cualquier período y un medidor de caudal que indique la rata instantánea de flujo durante la operación de mezclado. El mezclador deberá garantizar una mezcla homogénea y uniforme en todo el ancho y profundidad del reciclado.

El suministro de la emulsión asfáltica, del cemento asfáltico y del agua se realizará desde depósitos móviles, de manera que no se produzcan paradas innecesarias de la máquina recicladora.

Los equipos de compactación deberán ser autopropulsados, tener inversores de marcha suaves y disponer de elementos para la limpieza de los rodillos o neumáticos durante la compactación y para mantenerlos húmedos en caso necesario. El tren de compactación se definirá durante la fase de experimentación pero, en todo caso, estará constituido, como mínimo, por un (1) compactador vibratorio de rodillo metálico y un (1) compactador de neumáticos. Las presiones lineales, estáticas o dinámicas, y las presiones de contacto de los diversos tipos de compactadores, serán las necesarias para conseguir la compacidad adecuada y homogénea de la mezcla en todo su espesor, pero sin producir rotura del agregado.

Los compactadores de rodillos no deberán presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios dispondrán de dispositivos para eliminar la vibración al

invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslapo de las huellas delanteras y traseras.

461.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

461.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el Artículo 105, numeral 105.13.3.

461.4.2 Estudio de los materiales por reciclar

Se realizará una inspección a la superficie por reciclar para comprobar los datos del reconocimiento del proyecto. Se tomarán muestras representativas de los materiales existentes en los diferentes tramos, comprobando el espesor y el tipo de material en las diferentes capas. Como mínimo, se realizarán dos (2) perforaciones por kilómetro o por tramo diferenciado, si su longitud fuese menor.

Se tomarán muestras de material fresado en el espesor previsto en el proyecto para el reciclado, empleando una máquina fresadora de iguales o similares características o que produzca un fresado adecuado o semejante a la máquina que exijan los Pliegos de Condiciones para la ejecución de la obra. Sobre las muestras de cada material fresado se determinará la granulometría, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-213.

Los resultados del reconocimiento del terreno, de las perforaciones y de los ensayos de granulometría permitirán verificar que los tramos en los cuales se dividió la obra en los estudios del proyecto son suficientemente homogéneos en relación con los objetivos pretendidos para el reciclado. Se considerará que no hay homogeneidad en un tramo, cuando los resultados de los ensayos individuales de granulometría y los espesores de las capas por reciclar presenten, respecto del promedio de los valores encontrados, variaciones superiores a las tolerancias establecidas en la Tabla 461 - 4, o cuando se detecte una variación manifiesta en el tipo de agregados.

Una vez comprobado que el material fresado cumple las condiciones establecidas, el Interventor aprobará el material y fijará como características de referencia de cada tramo homogéneo los espesores

promedio de las capas asfálticas y granulares por reciclar y la granulometría promedio del material fresado. Estos valores promedio deberán diferir de los valores límites en un margen suficiente para que sea razonable esperar que, con la heterogeneidad propia del material y de los espesores y con la dispersión que introducen la ejecución en obra y su control, los valores obtenidos en el control de calidad de ejecución de las obras cumplan con los límites establecidos. Cuando la dispersión en la granulometría sea excesiva, se deberá estudiar si ella se corrige con la incorporación de agregados de adición.

Tabla 461 - 4. Tolerancias en la granulometría y en el espesor del material por reciclar para considerar que un tramo es homogéneo

CARACTERÍSTICA		TOLERANCIA
Granulometría: tolerancia respecto a la masa total del material por reciclar, (%)	Porcentaje que pasa tamiz de 2.00 mm (No. 10) y mayores	+/- 6
	Porcentaje que pasa tamiz de 0.425 mm (No. 40)	+/- 4
	Porcentaje que pasa tamiz de 0.075 mm (No. 200)	+/- 3
Espesor: variación en el espesor de la capa (mm)	Capas asfálticas	25
	Capas granulares	50

Si resulta imposible cumplir en un tramo con estas tolerancias, el reciclado, en los términos que establece el presente Artículo, no resultará posible.

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

461.4.3.1 Generalidades

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

El Constructor estimará la cantidad óptima teórica necesaria de ligante residual para la combinación de agregados de cada tramo homogéneo y determinará el tipo y el porcentaje de emulsión asfáltica o cemento asfáltico espumado y de los aditivos y otros elementos por incorporar, de modo de producir una mezcla cuya calidad sea comparable a una base

estabilizada con emulsión asfáltica elaborada con agregados pétreos y ligante asfáltico nuevos.

Previamente a la definición del contenido de ligante, el Constructor establecerá la necesidad de incorporar agregados pétreos nuevos en la mezcla para corregir deficiencias granulométricas e indicará la proporción en que ellos deban intervenir.

El Constructor también definirá la necesidad de prehumedecer el material preparado para la mezcla y determinará las humedades más apropiadas de mezcla y compactación. La humedad de compactación se determinará mediante el ensayo modificado de compactación (norma de ensayo INV E-142) sobre el material por reciclar. La humedad óptima de compactación será, salvo instrucción en contrario del Interventor, la correspondiente a la óptima del ensayo menos un cinco por mil (0.5 %) y menos el porcentaje de emulsión o cemento asfáltico espumado a incorporar en la mezcla. Esta humedad se ajustará, si fuese necesario, durante la fase de experimentación.

Las mezclas de reciclado en frío se diseñarán siguiendo los métodos indicados en la Tabla 461 - 5.

Tabla 461 - 5. Método de diseño para mezclas de reciclado de pavimentos asfálticos en frío empleando ligantes bituminosos

TIPO DE LIGANTE	NORMA DE ENSAYO INV	MÉTODO
Emulsión asfáltica	E-622	Inmersión-compresión
Asfalto espumado	E-785	Resistencia a la tracción indirecta

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

461.4.3.2 Diseño de la mezcla por resistencia**461.4.3.2.1 Diseño de la mezcla para reciclado con emulsión asfáltica**

Se elaborarán mezclas con diferentes contenidos de ligante por encima y por debajo del óptimo teórico (al menos 4 contenidos de ligante), para someterlas al ensayo de inmersión-compresión. El contenido óptimo de ligante se determinará aplicando los criterios de la Tabla 461 - 6.

Tabla 461 - 6. Criterios de resistencia para la determinación del contenido óptimo de ligante en reciclados con emulsión asfáltica

PARÁMETRO	NORMA DE ENSAYO INV	VALOR
Resistencia de probetas curadas en seco R_s , mínimo (MPa)	E-622	2.0
Resistencia conservada tras curado húmedo $R_c=R_h/R_s$, mínimo (%)		75

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

461.4.3.2.2 Diseño de mezcla para reciclado con asfalto espumado

Se elaborarán mezclas con diferentes contenidos de ligante por encima y por debajo del óptimo teórico (al menos 4 contenidos de ligante), para someterlas al ensayo de tracción indirecta. En la Tabla 461 - 7 se presentan los criterios para la elaboración del asfalto espumado y la determinación del contenido óptimo de ligante.

Tabla 461 - 7. Criterios para la elaboración del asfalto espumado y la determinación del contenido óptimo de ligante en reciclados con asfalto espumado

PARÁMETRO		NORMA DE ENSAYO INV	VALOR
Preparación del asfalto espumado	Relación de expansión, mínimo	E-785	10
	Vida media, mínimo (segundos)		10
Determinación del contenido óptimo de ligante	Resistencia de probetas curadas en seco R_s , mínimo (MPa)		0.25
	Resistencia conservada tras curado húmedo $R_c=R_h/R_s$, mínimo (%)		50

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

461.4.3.3 Informe de diseño de la mezcla

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

- La identificación del tramo homogéneo y los espesores y gradaciones característicos de los materiales por reciclar;
- La identificación y la proporción (en masa seca) de cada fracción del material granular, si se requieren agregados de adición;
- La granulometría de cada fracción del material granular y la granulometría combinada, si se requieren agregados de adición;
- El porcentaje de agua para mezcla y para compactación, en relación con la masa seca del componente mineral;

- El porcentaje óptimo de ligante residual y de emulsión (o asfalto espumado), en relación con la masa seca del material reciclado y el componente mineral adicional si se requiere.
- La identificación y la dosificación de puzolanas y de aditivos, si se requieren, los cuales deben ser de la misma marca utilizada en las pruebas de laboratorio y en la fase de experimentación;
- La relación de expansión y la vida media de la mezcla óptima, en el caso de reciclados con asfalto espumado;
- Las resistencias obtenidas a la compresión en la prueba de inmersión-compresión o a la tracción indirecta, según el caso;
- La masa unitaria seca máxima y la humedad óptima correspondientes a la dosificación de diseño;
- Los resultados de los ensayos complementarios que indique el Pliego de Condiciones.

461.4.3.4 Ajuste de la fórmula de trabajo

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

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

La aprobación de la fórmula de trabajo por parte del Interventor, no exime al Constructor de su plena responsabilidad de alcanzar, con base en ella, la calidad exigida en este Artículo.

461.4.4 Remoción de obstáculos

Antes de proceder a la disgregación del pavimento, se deberán demoler parcial y temporalmente las estructuras de servicios públicos ubicadas dentro del área de pavimento por reciclar, cubriendo de manera adecuada los orificios resultantes, de manera que el proceso de reciclado no afecte de manera adversa las estructuras, ni éstas produzcan daño a la máquina recicladora.

La profundidad de demolición de las estructuras será la necesaria para proporcionar una altura libre suficiente entre la tapa temporal de ellas y la superficie del pavimento existente, de manera de permitir la operación libre y continua de la recicladora.

Las tapas temporales de las estructuras se deberán asegurar adecuadamente a ellas y deberán tener la suficiente resistencia para soportar los esfuerzos generados durante el proceso de reciclado.

La localización de las estructuras demolidas parcial y temporalmente deberá ser relacionada con precisión, de manera que una vez concluido el trabajo de reciclado ellas se puedan ubicar y reconstruir hasta el nivel definitivo de la rasante del pavimento.

461.4.5 Preparación de la superficie existente

También con antelación a la disgregación del pavimento, el Constructor deberá efectuar los bacheos en las zonas que le indique el Interventor, las cuales deberán corresponder a fallas de origen profundo que requieran corrección previa, con el fin de evitar deficiencias en el soporte de la capa reciclada. Las excavaciones se deberán rellenar con material de base granular hasta el nivel de la rasante existente, colocándolo y compactándolo en espesores que permitan obtener las densidades exigidas para dicho material en el Artículo 330.

Inmediatamente antes de proceder a la disgregación del pavimento, se deberá barrer y/o soplar la superficie por tratar.

461.4.6 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 400.4.3 del Artículo 400.

461.4.7 Disgregación del pavimento existente y eventual incorporación del agregado de adición

Empleando el equipo y el procedimiento aprobados durante la fase de experimentación, el Constructor disgregará la capa bituminosa existente y la mezclará en una sola operación con parte de la base subyacente en el espesor de diseño o en el ordenado por el Interventor y, como resultado de dicho proceso, el material deberá cumplir con la gradación establecida en el numeral 461.2.1. Si no se cumple este requisito, se detendrán los trabajos hasta eliminar las causas de la anomalía.

En caso de que se requiera la adición de material pétreo para obtener la granulometría establecida en la fórmula de trabajo, la operación de disgregación deberá ser completada antes de proceder a la adición y mezcla del agregado nuevo. Los procedimientos para la incorporación del agregado de adición y su mezcla y homogenización con el material disgregado, así como para la conformación del material combinado sobre la calzada, será establecido por el Interventor durante la fase de experimentación dependiendo de las condiciones particulares de la obra.

Todo sobretamaño que no haya sido reducido durante el proceso, será retirado y dispuesto en el sitio que haya autorizado el Interventor.

Si alguna sección de pavimento pulverizado debe ser abierta temporalmente al tránsito, deberá ser previamente compactada y conformada a satisfacción del Interventor.

En las áreas donde resulte imposible la operación de la máquina recicladora, el material se demolerá con otros medios mecánicos aprobados por el Interventor y los productos así obtenidos se trasladarán a un centro de acopio autorizado. Estas áreas se deberán rellenar con materiales que cumplan los requisitos exigidos para el conjunto de la obra.

Cuando el diseño determine que el espesor de la capa reciclada compactada sea superior a doscientos milímetros (200 mm), el proceso de reciclado se deberá realizar en dos (2) capas de espesor aproximadamente igual, sin que ninguna de ellas tenga menos de cien milímetros (100 mm). En este caso, se deberá retirar provisionalmente la parte de material con la que se construirá la capa superior, mientras se recicla, extiende, compacta y cura la capa inferior. Para cada capa se

aplicarán los procedimientos de ejecución y control descritos en este Artículo.

461.4.8 Incorporación de aditivos, agua y producto bituminoso, elaboración y extensión de la mezcla

Antes de iniciar el proceso en obra, se deberán purgar y poner a punto las bombas y difusores de agua y producto bituminoso de la recicladora, por fuera del lugar de empleo, para garantizar las dosificaciones establecidas en la fórmula de trabajo, de manera continua y uniforme. En cada parada de la recicladora se deberán limpiar los difusores y, como mínimo, dos (2) veces por día. Las operaciones de abastecimiento de agua y productos bituminosos a la máquina se deberán realizar sin afectar la circulación en los carriles que se mantengan en servicio.

La aplicación de los aditivos puzolánicos, en la cantidad especificada, se hará sobre la superficie del pavimento por reciclar, inmediatamente antes del paso de la máquina recicladora, si el proceso se va a realizar en una sola capa; en caso contrario, se aplicarán sobre el material pulverizado en cada capa.

Cuando se trabaje en una sola capa, y no se requiera la adición de agregados nuevos, la máquina recicladora ejecutará en una sola pasada las operaciones de disgregación, adición de fluidos y mezcla homogénea en todo el ancho y profundidad del tratamiento.

Cuando el ancho de la superficie por reciclar sea mayor que el de operación de la recicladora, el trabajo se realizará por franjas paralelas que se traslaparán en un ancho comprendido entre quince y treinta centímetros (15 cm – 30 cm), para no dejar materiales sin mezclar en los bordes. Si se están usando dos (2) equipos de reciclado en paralelo, se adoptará la misma precaución y el desfase en la operación de ellos deberá ser el menor posible para evitar la formación de una junta longitudinal.

La operación de extensión se deberá detener si se observa que se produce segregación o contaminación y se procederá a efectuar las correcciones necesarias antes de continuar los trabajos.

Cuando se deba trabajar en dos capas, la superior sólo se podrá extender cuando la primera haya sido aceptada a satisfacción por el Interventor y, además, haya alcanzado el nivel de curado exigido en el numeral 461.4.12. Como guía general, una capa reciclada estará en capacidad de

recibir la capa superior cuando la humedad de aquella, en la mitad de su espesor, sea constante e inferior a uno por ciento (1 %).

Las operaciones de reciclado se deben realizar en segmentos completos. Cada segmento deberá ser pulverizado, mezclado y compactado en la misma jornada de trabajo.

Toda mezcla afectada por las aguas lluvias durante su elaboración o después de compactada, será corregida por el Constructor si, a juicio del Interventor, ello resulta posible; en caso contrario, deberá ser reemplazada por una de calidad satisfactoria. En ninguno de los dos casos habrá lugar a pago adicional alguno por parte del Instituto Nacional de Vías.

461.4.9 Compactación de la mezcla

Extendida la mezcla, se procederá a su compactación en el instante y con el equipo y procedimiento aprobados durante la fase de experimentación, hasta lograr los niveles de compactación exigidos. Sin embargo, no podrá transcurrir más de media hora desde su extensión hasta el inicio de la compactación.

La compactación se realizará longitudinalmente, comenzando por el borde más bajo de la franja que se esté tratando, de manera continua, hasta alcanzar la masa unitaria especificada en este Artículo. Al compactar cada franja se efectuará un traslapo de no menos de quince centímetros (15 cm) con la precedente.

Los rodillos deberán llevar su rueda motriz hacia el frente; los cambios de dirección se harán sobre la mezcla ya compactada y los cambios de sentido se efectuarán con suavidad.

Siempre que el Interventor lo considere necesario, se aplicarán riegos de agua durante el proceso de compactación para compensar las pérdidas por evaporación y para cerrar la textura de la capa.

En los lugares inaccesibles a los equipos convencionales de compactación, se permitirá la operación de placas o rodillos vibratorios pequeños, pero de características apropiadas para lograr resultados similares a los obtenidos con el equipo de compactación aprobado.

De ser preciso, se efectuará un perfilado final con motoniveladora, con el fin de obtener una pendiente transversal adecuada para el drenaje del agua superficial.

461.4.10 Juntas de trabajo

Después de extendida y compactada una franja, se realizará la siguiente mientras el borde de la primera se encuentre en condiciones de ser compactado; de lo contrario, se ejecutará una junta longitudinal, aplicando una capa delgada y uniforme de emulsión asfáltica antes de extender la nueva franja. Se procurará que las juntas longitudinales queden en los bordes de los carriles de la vía y, en caso excepcional, en el centro de ellos, pero nunca en las zonas de concentración de la circulación de las ruedas del tránsito automotor.

Las juntas transversales de trabajo se efectuarán fresando el material de una zona ya tratada en la longitud suficiente (en general no menos de un diámetro del rotor de fresado), bajando hasta la profundidad especificada sin avanzar, para que se pueda regular con precisión la incorporación del ligante en la zona no tratada.

461.4.11 Apertura al tránsito

Terminada la compactación, la capa se podrá abrir al tránsito, limitando la velocidad de los vehículos a treinta kilómetros por hora (30 km/h) durante las primeras cuarenta y ocho horas (48 h), cuando el reciclado se haya realizado con asfalto espumado. Si el reciclado se ha realizado con emulsión asfáltica, la apertura no se podrá realizar antes de tres (3) días, aunque el plazo preciso será definido por el Interventor.

461.4.12 Curado y protección superficial de la capa compactada

Las capas recicladas en frío requieren un período de curado para su maduración, antes de que se autorice su cobertura. El tiempo de curado deberá ser el suficiente para que el contenido de humedad del material reciclado y compactado sea inferior a uno por ciento (1%). Por lo general, dicho período es, como mínimo, de diez (10) días en el caso de reciclados con emulsión asfáltica y de cinco (5) días cuando se utilice cemento asfáltico espumado, dependiendo de las condiciones climáticas.

Durante dicho lapso, el Constructor aplicará los riegos de protección que le solicite el Interventor, para prevenir el deterioro de la capa reciclada por la acción de las aguas superficiales y del tránsito automotor. Dichos

riegos se realizarán de acuerdo con el Artículo 422, excepto que la emulsión estará diluida en agua de manera que el ligante residual sea aproximadamente treinta por ciento (30 %) y la dosificación del ligante estará entre dos y tres décimas de kilogramo de ligante residual por metro cuadrado (0.2 - 0.3 kg/m²).

461.4.13 Conservación

El Constructor deberá conservar la capa de pavimento reciclado en frío en perfectas condiciones hasta que se construya la capa superior prevista en el proyecto. Todo daño que se presente deberá ser corregido, a su costa, a plena satisfacción del Interventor.

461.4.14 Limitaciones en la ejecución

No se permitirán trabajos de reciclado en frío en el lugar con productos bituminosos cuando la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a cinco grados Celsius (5° C) o en instantes en que haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra.

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

461.4.15 Manejo ambiental

En relación con el manejo ambiental, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

461.4.16 Reparaciones

Todos los defectos no advertidos durante la colocación y compactación, tales como protuberancias, juntas irregulares, depresiones, irregularidades de alineamiento y de nivel, deberán ser corregidos por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de

acuerdo con las instrucciones del Interventor. El Constructor deberá proporcionar trabajadores competentes, capaces de ejecutar a satisfacción el trabajo eventual de correcciones en todas las irregularidades de la capa construida.

461.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

461.5.1 Controles

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

461.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

461.5.2.1 Calidad del producto bituminoso

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para el cemento asfáltico serán los establecidos en los Artículos 410 o 411, según corresponda.

En el caso de reciclado con asfalto espumado, se realizarán pruebas para verificar la relación de expansión y la vida media.

461.5.2.2 Calidad del agua

Siempre que se tenga alguna incertidumbre en relación con la calidad del agua utilizada en el reciclado en frío con ligantes bituminosos, verificará su pH y su contenido de sulfatos. Sus resultados deberán satisfacer las exigencias del numeral 461.2.5 para permitir su empleo. Si no las satisfacen, se impedirá el uso posterior de dicha agua y se someterán a observación los tramos ya elaborados con ella.

461.5.2.3 Calidad de los aditivos y de otros elementos de aporte

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

461.5.2.4 Calidad de los agregados pétreos de adición

En caso de que se requieran agregados pétreos de adición, se realizarán los siguientes controles:

461.5.2.4.1 Aprobación inicial

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deberán realizar los ensayos que se encuentran indicados en la Tabla 461 - 2. Los resultados de estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas en dicha tabla, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

461.5.2.4.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, el Interventor examinará las descargas a los acopios y ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, ordenará acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas, y plasticidad, y vigilará la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, efectuará las verificaciones de calidad indicadas en la Tabla 461 - 8.

Tabla 461 - 8. Ensayos de verificación sobre los agregados de adición

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos	E-224	1 por mes
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza, gradación combinada (F)		
Límite líquido	E-125	1 por jornada
Índice de plasticidad	E-125,126	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana
Valor de Azul de metileno (Nota 1)	E-235	1 por semana
Terrones de arcilla y partículas deleznable	E-211	1 por semana
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)		
Partículas planas y alargadas, relación 5:1	E-240	1 por semana
Caras fracturadas	E-227	1 por jornada
Geometría de las partículas, agregado fino (F)		
Angularidad de la fracción fina, método A	E-239	1 por jornada
Resistencia (F)		
CBR	E-148	1 por mes

Nota 1: En caso de que no se cumpla el valor mínimo de equivalente de arena señalado en la Tabla 461 - 2.

El Interventor podrá autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 461 - 8, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

No se emplearán agregados minerales que no satisfagan los requisitos pertinentes del numeral 461.2.1.2. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado insatisfactorio, se tomarán dos muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos de comprobación deberán ser satisfactorios o, de lo

contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

461.5.2.5 Composición de la mezcla

Para efectos del control, se considerará como lote el volumen de material que resulte de aplicar los criterios del numeral 461.5.2.7.1.

Cuantitativamente, se realizarán los siguientes controles:

461.5.2.5.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 461.5.2.7.1, se determinará el contenido de asfalto residual (Norma de ensayo INV E-732).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART %) tendrá una tolerancia de uno por ciento (1.0%) con respecto al establecido en la fórmula de trabajo (ARF %). Dicho porcentaje incluye tanto la cantidad de ligante aportada por la emulsión o el cemento asfáltico espumado, como la suministrada por la estructura que se recicla.

$$\text{ARF}\% - 1.0\% \leq \text{ART}\% \leq \text{ARF}\% + 1.0\% \quad [461.1]$$

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

$$\text{ART}\% - 1.0\% \leq \text{ARI}\% \leq \text{ART}\% + 1.0\% \quad [461.2]$$

Un porcentaje de asfalto residual fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras

individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso del ligante, el Constructor demuestre que no habrá problemas de comportamiento de la capa reciclada.

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

461.5.2.5.2 Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados, mediante la norma de ensayo INV E-782. Las curvas obtenidas se deberán ajustar a la establecida al determinar la fórmula de trabajo, con las tolerancias que se indican en la Tabla 461 - 9.

Cuando los valores obtenidos incumplan este requisito, el Constructor deberá preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje de emulsión o asfalto espumado que dé lugar al contenido medio de asfalto residual de la mezcla elaborada con dicho material. Ella se someterá a las pruebas mencionadas en el numeral 461.4.3. Si todos los requisitos allí indicados no se cumplen, se rechazará el lote al cual correspondan esas muestras.

Tabla 461 - 9. Tolerancias granulométricas de los agregados para reciclado en frío en el lugar empleando ligantes bituminosos

TAMIZ	TOLERANCIA EN PUNTOS DE % SOBRE LA MASA SECA DE LOS AGREGADOS
2.00 mm (No. 10) y mayores	+/- 6
0.425 mm (No. 40)	+/- 4
0.075 mm (No. 200)	+/- 3

461.5.2.6 Calidad de la mezcla

461.5.2.6.1 Resistencia

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada, se moldearán probetas (tres por muestra) para verificar en el laboratorio su resistencia en el ensayo de inmersión-compresión (norma INV E-622) cuando el reciclado se ejecute con emulsión asfáltica o en el ensayo de tracción indirecta (INV E-785) cuando se realice con asfalto espumado. Tres (3) de ellas se curarán en seco y tres (3) bajo condición húmeda.

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

$$R_m \geq 0.90 R_d \quad [461.3]$$

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

$$R_i \geq 0.80 R_d \quad [461.4]$$

A su vez, la resistencia conservada promedio (R_{cm}) deberá ser, como mínimo, el setenta y cinco por ciento (75 %) en las mezclas elaboradas con emulsión asfáltica y el cincuenta por ciento (50 %) en las elaboradas con asfalto espumado, sin que al respecto se admita ninguna tolerancia.

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

Si el incumplimiento se presenta en dos (2) lotes consecutivos, se deberán suspender los trabajos hasta que se estudie una nueva fórmula de trabajo que garantice el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en el numeral 461.4.3, para el tipo de mezcla que se esté evaluando

461.5.2.7 Calidad del producto terminado

461.5.2.7.1 Tamaño del lote

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

- Quinientos metros lineales (500 m) de mezcla colocada en todo el ancho de la calzada;
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de mezcla colocada;
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

Además, sobre cada lote se deberán realizar las siguientes verificaciones:

461.5.2.7.2 Aspectos generales

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

461.5.2.7.3 Compactación

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

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

Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{V_{d,i}}{V_{d,m\acute{a}x}} \times 100 \quad [461.5]$$

Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{V_{d,i}}{C V_{d,m\acute{a}x}} \times 100 \quad [461.6]$$

Siendo:

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

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

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

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

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

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

Para la aceptación del lote se aplicarán los siguientes criterios:

$GC_i(90) \geq 95.0\%$	se acepta el lote	[461.7]
------------------------	-------------------	---------

$GC_i(90) < 95.0\%$	se rechaza el lote	[461.8]
---------------------	--------------------	---------

Siendo:

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

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

En caso de rechazo, la capa de pavimento reciclado en frío correspondiente al lote controlado deberá ser levantada y corregida a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

461.5.2.7.4 Espesor

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

$e_m \geq e_d$	[461.9]
----------------	---------

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, como mínimo, igual al

noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño, admitiéndose un (1) solo valor por debajo de dicho límite, siempre que este último valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.90 e_d$$

[461.10]

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

En caso de rechazo, la capa de pavimento reciclado en frío correspondiente al lote controlado deberá ser levantada y corregida a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

461.5.2.7.5 Planicidad

La superficie acabada no podrá presentar, en ningún punto, zonas de acumulación de agua ni irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm) cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793; la regla se colocará tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el Interventor, los cuales no podrán corresponder a puntos donde haya cambios de pendiente transversal de acuerdo con el diseño.

Todas las áreas donde los defectos terminación excedan estas tolerancias, deberán ser corregidas por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a satisfacción de éste, sin que ello genere costo adicional alguno para el Instituto Nacional de Vías.

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

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

461.5.2.7.7 Medidas de deflexión

El Interventor verificará la solidez de la estructura construida al nivel de pavimento reciclado en frío en el lugar con productos bituminosos, realizando medidas de deflexión con la viga Benkelman, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-795. Los resultados de las medidas, que se efectuarán en trespelillo cada veinte metros (20 m), no constituirán base para la aceptación o el rechazo de la capa construida, sino que servirán al Instituto Nacional de Vías para verificar la homogeneidad de la estructura que se construye y realizar los ajustes que pudieran resultar necesarios al diseño estructural del pavimento.

Todas las áreas del pavimento reciclado en frío en el lugar con productos bituminosos, donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias admitidas en esta especificación, deberán ser corregidas por el Constructor de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a satisfacción de éste, sin que ello genere costo adicional alguno para el Instituto Nacional de Vías.

461.6 MEDIDA

Rige lo descrito en el numeral 400.6 y en particular en el sub-numeral 400.6.2 del Artículo 400.

461.7 FORMA DE PAGO

Rige lo descrito en el numeral 400.7 y en particular en el sub-numeral 400.7.5 del Artículo 400.

El precio unitario deberá incluir, también, costo del retiro provisional de la parte del material con la que se construirá la capa superior de reciclado mientras se construye la capa inferior, cuando el diseño determine que el espesor de la capa reciclada compactada es superior a doscientos milímetros (200 mm), proceso al cual se hace referencia en el numeral 461.4.7.

Así mismo, el precio unitario deberá incluir el costo de los riegos de protección mencionados en el numeral 461.4.12.

Se excluyen del precio unitario los siguientes aspectos:

- El suministro y el almacenamiento de los ligantes bituminosos, que se pagarán de acuerdo con los Artículos 410 o 411, según corresponda.
- La demolición de estructuras de servicios públicos a la cual se hace referencia en el numeral 461.4.5 y su posterior reconstrucción se pagarán de acuerdo con la(s) especificación(es) particular(es) que se redacte(n) para estas actividades
- La puzolana que se incluya en la mezcla para complementar la reactividad, de acuerdo con lo indicado en el numeral 461.2.3, que se pagará como se indique en una especificación particular.

461.8 ÍTEM DE PAGO

461.1 Pavimento reciclado en frío en el lugar con emulsión asfáltica	Metro cúbico (m ³)
461.2 Pavimento reciclado en frío en el lugar con asfalto espumado	Metro cúbico (m ³)

RECICLADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN PLANTA Y EN CALIENTE

ARTÍCULO 462 – 13

462.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el acopio y utilización de materiales disgregados de capas asfálticas de pavimentos en servicio o excedentes de una mezcla asfáltica no utilizada; la preparación de una nueva mezcla asfáltica en caliente mezclando dichos materiales con agregados pétreos y con cemento asfáltico nuevos y, de ser necesario, agentes rejuvenecedores para reciclado y otros aditivos; el eventual almacenamiento, el transporte, la colocación y la compactación de la nueva mezcla, de acuerdo con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los documentos del proyecto o determinados por el Interventor.

La obtención del material por reciclar mediante la disgregación de parte o de la totalidad de las capas asfálticas de un pavimento existente, según las profundidades de corte señaladas en los documentos del proyecto o indicadas por el Interventor; el cargue del material disgregado, su transporte y su descargue en el sitio de acopio, se encuentran cubiertos por el Artículo 460.

Los tipos de mezclas asfálticas elaboradas mediante el reciclado del pavimento asfáltico en planta y en caliente se denominarán de acuerdo con lo mencionado en el numeral 450.1, Tabla 450 - 1, del Artículo 450. Así mismo, las capas asfálticas elaboradas mediante esta técnica se denominarán de la forma descrita en el citado numeral, Tabla 450 - 2, en función de su posición dentro de la estructura del pavimento.

462.2 MATERIALES

462.2.1 Agregados pétreos

Los agregados pétreos para la elaboración de la mezcla reciclada tendrán dos (2) procedencias: los recuperados del pavimento y los requeridos como adición para corregir la gradación y garantizar la calidad de la mezcla.

La granulometría del agregado obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones, incluido el llenante mineral, deberá estar

comprendida dentro de alguna de las franjas fijadas en la Tabla 450 - 6 del Artículo 450.

462.2.1.1 Agregados pétreos de adición

El agregado pétreo de adición deberá cumplir los requisitos para las propiedades de origen (O) del numeral 450.2.1 del Artículo 450; la mezcla con los agregados recuperados del pavimento, en las proporciones definidas durante el establecimiento de la fórmula de trabajo, incluyendo el llenante mineral requerido, deberá cumplir los requisitos exigidos en el mismo numeral 450.2.1 del citado Artículo, para las propiedades de fabricación (F).

Es recomendable que el agregado de adición tenga características mineralógicas similares a las del agregado que se recicla, con el fin de evitar que el ligante tenga diferente adhesividad con cada uno de los componentes.

462.2.1.2 Agregados recuperados del pavimento

Los agregados obtenidos mediante la disgregación de una mezcla asfáltica de un pavimento existente no deberán mostrar signos de meteorización, y su calidad deberá ser similar a la exigida para los agregados de adición.

Para la ejecución de los trabajos que son objeto de este Artículo no se podrán emplear materiales disgregados provenientes de mezclas abiertas en caliente, de mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura o de mezclas drenantes. En cambio, se podrán emplear los excedentes de fabricación de una mezcla asfáltica en caliente, de las descritas en el Artículo 450, que no se hayan utilizado en la obra por constituir sobrantes o por haber sido rechazados por llegar con una temperatura muy baja, pero nunca por la baja calidad de sus componentes o de la mezcla misma.

Por ningún motivo se permitirá el empleo de materiales recuperados de pavimentos donde la capa asfáltica hubiera presentado deterioros de los tipos afloramientos de asfalto (exudación) o deformaciones plásticas.

Si se tiene previsto el empleo de materiales provenientes de capas asfálticas con geosintéticos incluidos o en cuya elaboración se hubieran utilizado adiciones para modificar la reología del ligante asfáltico o el comportamiento mecánico de la mezcla, tales como caucho, fibras, etc., se requerirá un estudio ambiental específico, debido a la posibilidad de emisión de contaminantes durante el proceso de elaboración de la nueva mezcla.

El material que se va a reciclar deberá ser homogéneo, no contener contaminantes y estar perfectamente caracterizado, siendo necesario que se someta a un proceso previo de trituración, eliminación de contaminantes y homogeneización.

462.2.2 Material bituminoso

El material bituminoso para la elaboración de la mezcla reciclada tendrá, también, dos (2) procedencias: el presente en la mezcla por reciclar y el requerido como adición para garantizar la calidad de la mezcla.

462.2.2.1 Material bituminoso de adición

El material bituminoso de adición será cemento asfáltico del grado de penetración que indiquen los documentos del proyecto, el cual puede corresponder a uno de los tipos indicados en el Artículo 410 o al que establezca la especificación particular del proyecto.

462.2.2.2 Material bituminoso de la mezcla por reciclar

El material bituminoso proveniente de la capa disgregada o del excedente de una mezcla nueva, deberá ser susceptible de mezclar de manera homogénea con el material bituminoso de adición, de manera de obtener, con la incorporación de un agente rejuvenecedor para reciclado si se requiere, un producto de características similares a uno de los cementos asfálticos indicados en el Artículo 410 o el que exijan los documentos técnicos del proyecto.

462.2.3 Agente rejuvenecedor para reciclado

En caso de que se requiera, se deberá ajustar a la norma de ensayo INV E-812. El agente rejuvenecedor para reciclado deberá ser un material orgánico cuyas características químicas y físicas permitan devolverle al asfalto envejecido las condiciones necesarias para el buen comportamiento de la nueva mezcla, según lo contemplen las especificaciones particulares del proyecto. La dosificación y la dispersión homogénea del agente rejuvenecedor para reciclado deberán seguir las recomendaciones de su fabricante y ser aprobadas por el Interventor.

462.2.4 Aditivos mejoradores de adherencia

Cuando se requieran, deberán cumplir los requisitos del Artículo 412. La dosificación y la dispersión homogénea de los aditivos deberán seguir las recomendaciones de su fabricante y ser aprobadas por el Interventor.

El Constructor deberá garantizar que su incorporación no producirá ningún efecto nocivo a los agregados, al ligante asfáltico o a la mezcla. Cualquier efecto adverso en el comportamiento del pavimento que se derive del empleo del aditivo, será de responsabilidad exclusiva del Constructor, quien deberá efectuar todas las reparaciones que requiera la mezcla compactada, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor.

462.3 EQUIPO

Al respecto, aplica lo que resulte pertinente de lo indicado en el numeral 400.3 del Artículo 400.

El equipo requerido para el reciclado de pavimentos asfálticos en planta y en caliente es, en esencia, el mismo que se emplea para las mezclas asfálticas en caliente.

La planta asfáltica deberá tener el diseño apropiado para el reciclado de pavimentos en caliente o deberá tener las modificaciones técnicas necesarias para permitir la elaboración de estas mezclas, de manera que el pavimento asfáltico recuperado, el asfalto nuevo y el agente rejuvenecedor para reciclado no se vean sobrecalentados, ni sufran deterioro.

Las plantas del tipo tambor secador-mezclador, en las que el flujo de los agregados coincide con el tiro del humo, no se podrán emplear si la mezcla por reciclar constituye más del veinticinco por ciento (25 %) de la nueva mezcla. Entre las plantas del tipo tambor secador-mezclador se emplearán de preferencia aquellas en las que el flujo de agregados va en contra del tiro del humo o las que tengan doble tambor, que eviten la exposición directa a la llama del material por reciclar.

Las plantas de tipo discontinuo deberán estar provistas de un tambor secador independiente para el material por reciclar. Los gases producidos en el calentamiento de éste deberán ser recogidos y quemados durante el proceso de elaboración de la mezcla, evitándose su emisión a la atmósfera. Además, estas plantas deberán estar provistas de silos para almacenar en caliente el material por reciclar y un sistema de dosificación por peso de dicho material.

Los elementos apropiados para la recuperación de los materiales del pavimento existente y el proceso mismo de recuperación se encuentran contemplados en el Artículo 460.

462.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

462.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados nuevos

El material pétreo virgen que se requiera para la elaboración de la mezcla reciclada, deberá ser explotado y procesado conforme como se describe el Artículo 105, “Desarrollo y control de los trabajos”, numeral 105.13.3.

462.4.2 Acopio del material por reciclar

El material disgregado por reciclar podrá provenir de la misma obra o encontrarse almacenado por haber sido extraído en otro lugar. Los acopios del material para reciclar deberán estar cubiertos y el tiempo de almacenamiento se deberá reducir al mínimo posible para evitar que absorban una cantidad de agua excesiva de la atmósfera.

En el instante de ser descargados en el acopio los materiales por reciclar, se deberán descartar todos aquellos que, a simple vista, presenten contaminaciones.

En las regiones donde la temperatura ambiente exceda de treinta grados Celsius (30º C), los acopios del material por reciclar no podrán tener una altura mayor de tres metros (3 m) para evitar que el material se aglomere.

Se deberá llevar un registro de la procedencia de todas las mezclas bituminosas por reciclar, identificando y acopiando por separado las provenientes de mezclas de los tipos denso (D), semidenso (S) y grueso (G), definidas en el Artículo 450. También, se deberán acopiar por separado aquellos materiales para los cuales sea necesario realizar el estudio específico citado en el numeral 462.2.1.2, hasta que se tome la decisión sobre su aceptación o rechazo.

462.4.3 Tratamiento del material por reciclar

El material disgregado por reciclar se deberá tratar y mezclar para su homogeneización y descontaminación. Para ello, será necesario triturar todos los bloques, de manera que todo el material pase por el tamiz de 25 mm (1") de abertura.

Se deberá proceder, también, a la eliminación de cualquier contaminante y, en especial, se usará un procedimiento adecuado para la detección y el retiro de elementos metálicos.

Posteriormente, el material deberá ser mezclado hasta obtener un producto homogéneo y sin segregaciones.

462.4.4 Caracterización y acopio del material por reciclar, después de tratado

Una vez tratado el material disgregado por reciclar, se deberá disponer en acopios homogéneos. Para que se considere que un acopio es homogéneo, muestras de él se deberán someter a los ensayos de extracción de asfalto, granulometría del agregado, penetración y punto de ablandamiento del ligante recuperado, y sus resultados, respecto de los valores promedio encontrados, se deberán hallar dentro de los rangos indicados en la Tabla 462 - 1.

Los diferentes materiales tratados que cumplan los requisitos de homogeneidad se podrán acopiar juntos. Cada acopio homogéneo quedará identificado y caracterizado por los resultados de los ensayos citados en el párrafo anterior y se podrá emplear en la fabricación de la mezcla asfáltica reciclada en caliente con una misma fórmula de trabajo, siempre y cuando los agregados vírgenes también sean homogéneos.

Los acopios del material por reciclar, después de tratado, se deberán situar en una zona bien drenada y, en caso de que la superficie no sea pavimentada, no se podrán emplear los quince centímetros (15 cm)

inferiores de ellos. En las regiones donde la temperatura ambiente exceda de treinta grados Celsius (30° C), los acopios del material por reciclar, después de tratado, no podrán tener una altura mayor de tres metros (3 m) para evitar su aglomeración.

Tabla 462 - 1. Tolerancias en el material por reciclar para considerarlo homogéneo

CARACTERÍSTICA	TOLERANCIA RESPECTO DE LA MASA TOTAL DEL MATERIAL POR RECICLAR
Composición	
Porcentaje que pasa tamiz de 2 mm y mayores (No. 10 y mayores)	± 5
Porcentaje que pasa tamices de 425 y 180 μm (No. 40 y No. 80)	± 5
Porcentaje que pasa tamiz de 75 μm (No. 200)	± 2
Contenido de asfalto (%)	± 0.5
Caracterización del asfalto recuperado	
Penetración (0.1 mm)	± 5
Punto de ablandamiento (° C)	± 3

Los acopios del material tratado deberán estar cubiertos. El tiempo de almacenamiento del material se deberá reducir al mínimo posible para evitar que su contenido de humedad aumente excesivamente.

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

Al respecto, rige todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.2 del Artículo 400.

La mezcla se deberá diseñar por el método Marshall y los criterios de diseño y demás comprobaciones respecto de la susceptibilidad al ahuellamiento y a la humedad, son los mismos que se indican en el numeral 450.4.2 del Artículo 450.

El material por reciclar no deberá constituir más del cuarenta por ciento (40 %) de la masa total de la mezcla. La determinación del tipo y de la

proporción del agente rejuvenecedor para reciclado por incorporar en la mezcla se deberá realizar según la norma de ensayo INV E-812.

462.4.6 Preparación de la superficie existente

La mezcla reciclada en planta y en caliente se podrá colocar en el mismo tramo de vía donde se disgregaron las capas asfálticas para su reciclado o en uno diferente, según lo contemplen los documentos del proyecto o lo ordene el Interventor.

Cualquiera sea el caso, la superficie sobre la cual se va a colocar la mezcla reciclada deberá tener la densidad apropiada y las cotas y secciones indicadas en los planos del proyecto o las definidas por el Interventor.

Si la superficie sobre la cual se va a colocar la mezcla corresponde a un pavimento asfáltico antiguo que, de acuerdo con los estudios del proyecto o el criterio del Interventor, requiere un fresado previo, general o localizado, éste se realizará conforme se establece en el Artículo 460.

Cuando la mezcla se vaya a colocar en la misma vía de la cual se extrajo el pavimento para reciclar, o como refuerzo en un pavimento existente, se deberán efectuar los bacheos previos en las zonas que determine el Interventor. Las excavaciones correspondientes se realizarán según se indica en el Artículo 465 y se rellenarán, de acuerdo con la profundidad, con los materiales y mezclas apropiados, conforme se indica en los Artículos correspondientes de las presentes especificaciones o en las especificaciones particulares del contrato.

En caso de que la mezcla reciclada se vaya a colocar directamente sobre la base granular del mismo pavimento del cual se extrajeron los materiales por reciclar, la base deberá ser recompactada hasta obtener una densidad igual o superior al cien por ciento (100 %) de la máxima obtenida en el ensayo modificado de compactación (norma de ensayo INV E-142) y conformada de manera que satisfaga las secciones transversales del proyecto.

Cuando la mezcla se vaya a colocar como parte de la construcción de un pavimento nuevo, ella no se podrá extender hasta que se compruebe que la capa sobre la cual se va a apoyar tenga la densidad apropiada y su superficie tenga las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias

establecidas en la especificación respectiva deberán ser corregidas previamente, de acuerdo con lo establecido en ella.

Si la extensión de la mezcla requiere riegos previos de imprimación o de liga, ellos se realizarán conforme lo establecen los Artículos 420 y 421, respectivamente. Antes de aplicar la mezcla, se verificará que haya ocurrido el curado del riego previo de liga o imprimación, no debiendo quedar restos de fluidificante ni de agua en la superficie. Si hubiera transcurrido mucho tiempo desde la aplicación del riego, se comprobará que su capacidad de liga con la mezcla no se haya mermado en forma perjudicial; si ello ha sucedido, el Constructor deberá efectuar un riego adicional, en la cuantía que fije el Interventor. Si la pérdida de efectividad del riego anterior es imputable al Constructor, el nuevo riego deberá realizarlo sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

462.4.7 Fase de experimentación

Rige lo descrito en el numeral 400.4.3 del Artículo 400.

462.4.8 Aproveccionamiento de los agregados nuevos

Para el proveccionamiento de los agregados nuevos, aplicará lo descrito en el numeral 450.4.5 del Artículo 450.

462.4.9 Fabricación de la mezcla

La carga de las tolvas en frío con los agregados nuevos se realizará de forma que éstas contengan más del cincuenta por ciento (50 %) de su capacidad, pero sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones. La alimentación del agregado fino se realizará en dos (2) tolvas, así éste sea de un tipo único.

Los dosificadores de los agregados en frío y de la mezcla bituminosa por reciclar se regularán en forma tal, que la mezcla de todos los agregados se ajuste a la fórmula de obra de la alimentación en frío. El caudal total de esta mezcla en frío se regulará de acuerdo con la producción prevista, debiéndose mantener constante la alimentación del secador de agregados nuevos y del calentador de la mezcla bituminosa por reciclar.

Los agregados nuevos se calentarán antes de su mezcla con el asfalto. El secador se regulará de forma que la combustión sea completa, indicada por la ausencia de humo negro en el escape de la chimenea. Los gases

desprendidos al calentar la mezcla bituminosa por reciclar deberán ser recogidos y quemados durante el proceso, evitando su expulsión a la atmósfera. Siempre que se presenten signos de avería en el sistema de combustión; si ocurre combustión incompleta o si se advierte alguna contaminación por combustible en los agregados o en la mezcla, se detendrá la producción hasta que se identifiquen y corrijan las causas del problema.

Si el polvo recogido en los colectores cumple las condiciones exigidas al llenante de una mezcla en caliente de gradación continua (numeral 450.2.1.3 del Artículo 450) y su utilización está prevista, se podrá introducir en la mezcla; en caso contrario se deberá eliminar. El tiro de aire en el secador se deberá regular de forma adecuada, para que la cantidad y la granulometría del llenante recuperado sean uniformes. La dosificación del llenante de recuperación y/o el de aporte se hará de manera independiente de los agregados y entre sí.

En las plantas de mezcla de tipo discontinuo, después de introducir los agregados calientes al mezclador, se pesará e introducirá el material por reciclar junto con el llenante mineral de aporte y, después de un tiempo de disgregación y mezcla, se agregará el ligante asfáltico nuevo y, en su caso, los agentes rejuvenecedores para reciclado y los aditivos para cada bachada y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo establecido al definir la fórmula de trabajo. En las plantas de mezcla del tipo tambor secador-mezclador el material por reciclar se aportará tras la llama, de forma que no exista riesgo de contacto con ella.

La temperatura de calentamiento de los diferentes ingredientes se deberá ajustar a lo establecido durante la definición de la fórmula de trabajo.

A la salida de la mezcla elaborada, su descarga deberá garantizar que todos los tamaños del agregado estén uniformemente distribuidos en la mezcla y sus partículas total y homogéneamente cubiertas. Su temperatura, en el momento de la descarga al silo de almacenamiento o a los elementos de transporte, no excederá de la fijada durante la definición de la fórmula de trabajo.

Se rechazarán todas las mezclas heterogéneas, carbonizadas o sobrecalentadas, las mezclas con espuma o las que presenten indicios de humedad o contaminación por combustible. En este último caso, se retirarán los agregados de las tolvas en caliente, si se está empleando una

planta de tipo discontinuo. También se rechazarán aquellas mezclas en las cuales la envuelta no sea perfecta.

462.4.10 Transporte de la mezcla

En relación con el transporte de la mezcla desde la planta hasta el sitio de las obras, rige lo descrito en el numeral 450.4.7 del Artículo 450, para el transporte de las mezclas asfálticas en caliente de gradación continua.

462.4.11 Transferencia de la mezcla

Si se dispone del equipo de transferencia (Shuttle Buggy), se aplicará lo descrito en el numeral 450.4.8 del Artículo 450.

462.4.12 Extensión de la mezcla

Se aplicará lo descrito en el numeral 450.4.9 del Artículo 450.

462.4.13 Compactación de la mezcla

Resultan aplicables todas las instrucciones del numeral 450.4.10 del Artículo 450.

462.4.14 Juntas de trabajo

Rige todo lo descrito en el numeral 450.4.11 del Artículo 450.

462.4.15 Pavimento sobre puentes y viaductos

Se seguirán las instrucciones del numeral 450.4.12 del Artículo 450.

462.4.16 Bacheos con mezcla reciclada en caliente

Cuando se empleen mezclas recicladas en planta y en caliente para rellenar parte o la totalidad de las excavaciones realizadas para la reparación de un pavimento existente, se aplicarán los criterios indicados en el numeral 450.4.13 del Artículo 450.

462.4.17 Limitaciones en la ejecución

Se aplica lo descrito en el numeral 450.4.15 del Artículo 450.

462.4.18 Apertura al tránsito

Al respecto, se aplica lo descrito en el numeral 450.4.14 del Artículo 450.

462.4.19 Manejo ambiental

Además de lo pertinente que se haya especificado en el presente Artículo, registrará todo lo que resulte aplicable del Artículo 400, numeral 400.4.7.

462.4.20 Reparaciones

Rige lo establecido en el numeral 450.4.17 del Artículo 450.

462.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

462.5.1 Controles

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

462.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**462.5.2.1 Calidad del cemento asfáltico nuevo**

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para el cemento asfáltico serán los establecidos en el Artículo 410.

462.5.2.2 Calidad del agente rejuvenecedor para reciclado y de los aditivos mejoradores de adherencia.

En caso de que se requieran, deberán cumplir lo establecido en los numerales 462.2.3 y 462.2.4 respectivamente.

462.5.2.3 Calidad de los agregados pétreos y del llenante mineral de adición

Los agregados pétreos nuevos y el llenante mineral deberán ser sometidos a las mismas pruebas de verificación mencionadas en el numeral 450.5.2.2 del Artículo 450. Los resultados de estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas para dichos materiales en el numeral 450.2.1 del

Artículo 450, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

Sus características deberán ser tales, que una vez mezclados con los agregados del pavimento por reciclar, en las proporciones determinadas durante la definición de la fórmula de trabajo, el material resultante satisfaga todas las exigencias a los agregados para una mezcla en caliente del tipo que se esté elaborando, de acuerdo con lo prescrito en el Artículo 450.

462.5.2.4 Calidad del material disgregado por reciclar

De cada procedencia del material disgregado, una vez tratado, se tomarán al menos cuatro (4) muestras para verificar su homogeneidad y caracterizar los acopios. Las pruebas por realizar serán:

- Contenido de ligante, según la norma INV E-732;
- Granulometría de los agregados recuperados, según la norma de ensayo INV E-782;
- Penetración del ligante recuperado, según la norma INV E-706;
- Punto de ablandamiento del asfalto recuperado, según la norma INV E-712.

Los resultados de estos ensayos permitirán la separación de los materiales en acopios homogéneos, cuando se cumplan las tolerancias indicadas en la Tabla 462 - 1 de este Artículo.

Durante la etapa de producción de la mezcla, se vigilará la altura, el estado de los elementos de separación y la homogeneidad de los acopios. Además, se efectuarán las verificaciones indicadas en la Tabla 462 - 2. Si los resultados de alguna de ellas no satisfacen las tolerancias aceptables, según la Tabla 462 - 1, se suspenderá la producción de la mezcla y se tomarán dos (2) muestras adicionales y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos deberán

ser satisfactorios o, de lo contrario, se impedirá el uso del volumen de material al cual representan esos ensayos.

Tabla 462 - 2. Ensayos de verificación sobre el material disgregado por reciclar

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición		
Granulometría	E-782	1 por jornada
Contenido de asfalto (%)	E-732	1 por jornada
Caracterización del asfalto recuperado		
Penetración del asfalto recuperado (0.1 mm)	E-706	1 por semana
Punto de ablandamiento del asfalto recuperado (° C)	E-712	1 por semana

462.5.2.5 Composición de la mezcla

Resulta aplicable todo lo exigido en el numeral 450.5.2.3 del Artículo 450.

462.5.2.6 Calidad de la mezcla

Se aplica lo establecido en el numeral 450.5.2.4 del Artículo 450.

462.5.2.7 Calidad del producto terminado

Rige lo establecido en el numeral 450.5.2.5 del Artículo 450.

462.6 MEDIDA

Rige lo descrito en el numeral 400.6 y en particular en el 400.6.2 del Artículo 400. Para bacheos, se aplicará lo especificado en el numeral 400.6.3 del mismo Artículo.

462.7 FORMA DE PAGO

Rige lo descrito en el numeral 400.7 y en particular en el 400.7.4 del Artículo 400.

Se excluyen del precio unitario el suministro y el almacenamiento del producto asfáltico para la mezcla, los cuales se pagarán de acuerdo con la especificación referente a dicho producto.

462.8 ÍTEM DE PAGO

462.1 Mezcla asfáltica reciclada en caliente del tipo _____ Metro cúbico(m³)

462.2 Mezcla asfáltica reciclada en caliente del tipo _____ Metro cúbico(m³)
para bacheo

Nota: Se deberá elaborar un ítem de pago diferente para cada tipo de mezcla asfáltica reciclada en caliente que forme parte del contrato. Cada una de ellas se identificará agregando una cifra al esquema numerado del ítem. Por ejemplo, si el contrato contempla dos mezclas recicladas en caliente, una del tipo MDC-19 y otra del tipo MSC-25, sus ítems de pago se identificarán así:

462.1.1 Mezcla asfáltica reciclada en caliente del tipo Metro cúbico(m³)
MDC-19

462.1.2 Mezcla asfáltica reciclada en caliente del tipo Metro cúbico(m³)
MSC-25

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2017 INVIAS

Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

GEOTEXTILES PARA REPAVIMENTACIÓN

ARTÍCULO 464 – 13

464.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro e instalación de un geotextil no tejido y un ligante asfáltico para formar una membrana sobre una superficie previamente preparada, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, cotas y secciones indicados en los planos o determinados por el Interventor.

464.2 MATERIALES

464.2.1 Geotextil

Se utilizarán geotextiles elaborados a partir de polímeros sintéticos de cadena larga, compuestos con un porcentaje mínimo de 95 % en masa de poliolefinas o poliéster y serán del tipo no tejido, punzonado por agujas. Deberán tener la capacidad de absorber la cantidad especificada de ligante asfáltico y poseer las propiedades mecánicas que se indican en la Tabla 464 - 1.

Las propiedades de resistencia del geotextil dependerán de los requerimientos de supervivencia y de las condiciones y procedimientos de instalación. Las propiedades corresponden a condiciones normales de instalación y deberán ser medidas en el sentido más débil del geotextil.

Las propiedades de los geosintéticos se expresan en general en términos de valores mínimos promedio por rollo (VMPR). El valor mínimo promedio por rollo (VMPR) es una herramienta de control de calidad que le permite a los fabricantes establecer los valores en sus certificados de manera que el comprador tenga un nivel de confianza del 97.7 % de que las propiedades, medidas sobre el producto que compra, cumplen con los valores certificados. Para datos que tengan una distribución normal, el valor VMPR se calcula como el valor típico menos dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores mínimos, o más dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores máximos.

Los valores promedio de los resultados de los ensayos practicados a cualquier rollo deberán satisfacer los requisitos establecidos en este Artículo.

Tabla 464 - 1. Propiedades mecánicas del geotextil para pavimentación en términos de VMPR

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO ASTM	VMPR
Resistencia a la tensión Grab (N) , valor mínimo	D 4632	450
Elongación a la rotura (%), mínimo	D 4632	50
Retención asfáltica en términos de asfalto residual (l/m ²), mínimo (Nota 2)	D 6140	0.9
Masa por unidad de área (g/m ²), mínimo	D 5261	140
Punto de fusión (°C) , mínimo	D 276	150
- Pavimentación con asfaltos convencionales y temperatura de instalación < 150° C - Pavimentación con asfaltos modificados con polímeros o temperatura de instalación > 150° C		250

Nota 1. El promedio de los resultados de los ensayos practicados a cualquier rollo del lote que se esté analizando, deberá ser mayor o igual al valor VMPR (valor mínimo promedio por rollo) presentado en esta especificación.

Nota 2. La retención asfáltica deberá ser suministrada por el fabricante y verificada por el Interventor, junto con la indicación de la cantidad de cemento asfáltico requerida para saturar el geotextil.

El fabricante del geotextil deberá contar con un proceso de producción que cuente con un sistema de gestión de la calidad certificado bajo la norma ISO 9001. El laboratorio, propio o externo, que se use para realizar los ensayos de control de la calidad de la producción, deberá estar acreditado bajo la norma ISO/IEC 17025 o contar con una acreditación GAI-LAP del Instituto de Acreditación de Geosintéticos, GAI.

El fabricante o proveedor deberá suministrar el programa de control de calidad y los datos de soporte, donde se indiquen los requisitos de ensayos, los métodos de ensayo, la frecuencia de los ensayos, los criterios de aceptación en la fabricación y el tamaño del lote para evaluación de cada producto.

464.2.2 Ligante asfáltico

El ligante asfáltico será una emulsión catiónica de rompimiento rápido tipo CRR-1 o una emulsión catiónica de rompimiento rápido modificada con polímeros tipo CRR-1m, que cumplan lo especificado en los Artículos 411 y 415, respectivamente.

464.3 EQUIPO

Se aplica lo que resulte pertinente de lo descrito en el numeral 400.3 del Artículo 400.

Para la aplicación del riego del producto asfáltico y la colocación del geotextil se requieren, básicamente, equipos para el barrido de la superficie, distribuidor del material bituminoso, equipo para la instalación del geotextil, herramientas menores y, eventualmente, un compactador neumático liviano.

464.3.1 Equipo de barrido

Se deberá disponer de barredoras mecánicas de cepillo. En caso de que las autoridades ambientales no permitan su utilización, se podrán usar escobas manuales, previa autorización del Interventor.

464.3.2 Equipo para la aplicación del ligante bituminoso

El carrotanque irrigador deberá cumplir exigencias mínimas que garanticen la aplicación uniforme y constante del producto asfáltico, a la temperatura apropiada, sin que lo afecten la carga, la pendiente de la vía o la dirección del vehículo. Sus dispositivos de irrigación deberán proporcionar una distribución transversal adecuada del ligante. El vehículo deberá estar provisto de un velocímetro calibrado en metros por segundo (m/s), o pies por segundo (pie/s), visible al conductor, para mantener la velocidad constante y necesaria que permita la aplicación uniforme del asfalto en sentido longitudinal.

El carrotanque deberá aplicar el producto asfáltico a presión y para ello deberá disponer de una bomba de impulsión, accionada por motor y provista de un indicador de presión. También, deberá estar provisto de un termómetro para el ligante, cuyo elemento sensible no se podrá encontrar cerca de un elemento calentador.

Para áreas inaccesibles al equipo irrigador y para retoques y aplicaciones mínimas, se usará una caldera regadora portátil, con sus elementos de irrigación a presión, o una extensión del carrotanque con una boquilla de expansión que permita un riego uniforme. Por ningún motivo se permitirá el empleo de regaderas u otros dispositivos de aplicación manual por gravedad.

464.3.3 Equipo para la instalación del geotextil

El equipo mecánico o manual de instalación del geotextil deberá ser capaz de instalarlo uniformemente, cuidando de producir la mínima cantidad de arrugas.

Se puede requerir, para ciertos trabajos, un compactador neumático liviano para uniformizar y reforzar la adherencia del geotextil con el riego de ligante asfáltico.

464.3.4 Herramientas menores

Se deberán suministrar escobas de cerdas rígidas o rodillos de manejo manual para uniformizar la superficie del geotextil; tijeras o cuchillas para cortarlo y cepillos para aplicar el ligante asfáltico a los traslapos del geotextil.

464.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

464.4.1 Preparación de la superficie existente

La superficie se deberá limpiar de polvo, barro seco, suciedad y cualquier material suelto que pueda ser perjudicial para el trabajo, empleando barredoras o sopladoras mecánicas en sitios accesibles a ellas, si su uso está autorizado por las autoridades ambientales competentes, y escobas manuales donde aquellas no puedan acceder o cuando el uso de equipos mecánicos no sea autorizado.

Después de terminar el proceso de limpieza, las grietas que excedan seis milímetros (6 mm) de ancho deberán ser sopladas y selladas de acuerdo con lo establecido en el Artículo 466 y lo indicado en los documentos del proyecto.

464.4.2 Tasa de aplicación del ligante asfáltico

La cantidad de ligante asfáltico a utilizar depende de la porosidad relativa de la capa antigua y del geotextil a utilizar en el proceso de repavimentación. La cantidad de ligante asfáltico residual deberá ser la suficiente para satisfacer los requerimientos de la saturación del geotextil y para adherir el geotextil y la nueva capa asfáltica a la superficie antigua. Esta cantidad deberá ser definida por el Constructor con base en las

recomendaciones de fabricante del geotextil y los resultados de pruebas en el sitio, y deberá ser aprobada por el Interventor.

464.4.3 Aplicación del ligante asfáltico

Antes de la aplicación del ligante se marcará una línea guía en la calzada para controlar el paso del distribuidor y se señalará la longitud de la carretera que quedará cubierta, de acuerdo con la cantidad de cemento asfáltico o emulsión disponible en el distribuidor.

La dosificación elegida del ligante se aplicará de manera uniforme a una temperatura que corresponda a una viscosidad Saybolt-Furol comprendida entre veinticinco y cien segundos (25 sSF-100 sSF), evitando duplicaciones de dotación en las juntas transversales de trabajo, para lo cual se colocarán fajas de papel grueso, de ancho no menor a un metro (1.0 m), bajo los difusores, en aquellas zonas donde comience o se interrumpa la aplicación.

Al comienzo de cada jornada de trabajo se deberá verificar la uniformidad del riego. Si fuere necesario, se calentarán las boquillas de irrigación antes de cada descarga. La bomba y la barra de distribución se deberán limpiar al final de la jornada.

Durante la aplicación del ligante se deberán proteger todos los elementos que señale el Interventor, tales como bordillos, vallas o árboles. En trabajos de prueba o de limpieza de los equipos, no se permitirá descargar el material bituminoso en zanjas o zonas próximas a la carretera.

No se permitirá ningún tipo de tránsito sobre el ligante aplicado.

464.4.4 Colocación del geotextil

El geotextil se deberá colocar sin arrugas, inmediatamente después de la aplicación del ligante asfáltico y antes de que la emulsión asfáltica rompa totalmente y no se logre la adecuada saturación del geotextil.

La colocación del geotextil se realizará mecánicamente mediante equipos especiales para la colocación de los rollos.

Los cuidados principales para el tratamiento de las arrugas que se puedan producir, serán los siguientes:

- Las arrugas y dobleces de más de 25 mm se deberán rasgar y aplanar siempre en el sentido del avance de los equipos de pavimentación, para evitar levantamientos.
- En el caso de que la arruga o doblez sobrepase los 50 mm, se deberán rasgar, cortar la cantidad que sobrepase los 50mm y aplanar como en el caso anterior.
- El traslapo del geotextil, en reparación de arrugas, deberá contemplar el uso de ligante adicional para saturar las dos capas de geotextil.
- Los traslapos entre rollos adyacentes deberán tener la menor dimensión posible y los traslapos en cualquier dirección no deberán exceder de quince centímetros (15 cm). En las zonas de traslapos se deberá hacer una aplicación adicional de ligante asfáltico para garantizar la saturación total del geotextil.
- Para lograr un mayor contacto del geotextil con el ligante y eliminar en mayor proporción las arrugas del geotextil, se podrá utilizar un compactador neumático liviano. Una pasada sobre el geotextil, transitando a baja velocidad, podría ser suficiente.

464.4.5 Colocación de la capa asfáltica nueva

Una vez instalado el geotextil, se deberá colocar la nueva capa asfáltica en el menor tiempo posible. La aplicación del riego de ligante asfáltico y la colocación del geotextil deberán estar coordinadas con la puesta en obra de la capa superpuesta a éste, de manera que el ligante no haya perdido su efectividad como elemento de unión. Cuando el Interventor lo estime necesario, se aplicará un riego de liga, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, si la pérdida de efectividad del riego anterior es imputable al Constructor.

La dosificación de este riego de liga se establecerá en obra con base en los resultados de las pruebas que allí se efectúen; esta dosificación deberá contar con la aprobación del Interventor

Para evitar que el geotextil instalado se desplace y se dañe, las maniobras de los equipos de construcción se deberán realizar a la menor velocidad y con el mayor cuidado posible.

464.4.6 Control del tránsito

No se permitirá el tránsito público sobre la superficie con el geotextil ya colocado. El Constructor deberá instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, los cuales deberán garantizar la seguridad del tránsito público y de los equipos de construcción durante las veinticuatro (24) horas del día.

464.4.7 Limitaciones en la ejecución

Por ningún motivo se permitirá la aplicación del riego de ligante asfáltico y la colocación del geotextil cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a cinco grados Celsius (5° C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

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

464.4.8 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

464.4.9 Reparaciones

Todos los defectos que se presenten durante la ejecución de los trabajos, tales como juntas irregulares, defectos en la aplicación del ligante o en la colocación del geotextil, irregularidades del alineamiento, etc., así como los que se deriven de un incorrecto control del tránsito recién terminados los trabajos, deberán ser corregidos por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

464.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

464.5.1 Controles

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

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo.
- Verificar la preparación de la superficie existente, según lo establecido en los documentos del proyecto y lo indicado en el numeral 464.4.1.
- Verificar la correcta dosificación de la cantidad de ligante asfáltico según lo establecido en los documentos del proyecto y lo definido en la obra con base en los resultados de las pruebas iniciales mencionadas en el numeral 464.4.2.
- Verificar la viscosidad del ligante en el momento de colocación del geotextil, de acuerdo a lo descrito en el numeral 464.4.3.
- Verificar la correcta colocación del geotextil, los tratamientos de las arrugas y los traslapos entre los rollos de geotextil, de acuerdo a lo descrito en el numeral 464.4.4 de esta especificación.
- Supervisar la correcta aplicación del procedimiento constructivo aceptado.
- Comprobar que los materiales a utilizar cumplan con los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.
- Vigilar las condiciones climáticas durante los procesos de aplicación del ligante asfáltico y la instalación del geotextil.
- Efectuar los ensayos de control sobre el ligante asfáltico y el geotextil.
- Verificar que cada rollo de geotextil tenga en forma clara la información del fabricante, el número del lote de fábrica y la referencia del producto, así como la composición química del mismo.

- Comprobar que durante el transporte y el almacenamiento, los geotextiles tengan los empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo y otros materiales que puedan afectar sus propiedades.
- Medir, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas a satisfacción.

464.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

464.5.2.1 Calidad del material bituminoso

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para la emulsión asfáltica serán los establecidos en los Artículos 411 o 415.

464.5.2.2 Dosificación del ligante asfáltico

Para la comprobación de la dosificación del ligante asfáltico, se considerará como lote, que será aceptado o rechazado en su integridad, la menor área que resulte de aplicar los tres (3) siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500 m) de calzada con geotextil;
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de calzada con geotextil;
- La superficie construida en un día de trabajo.

La dosificación del asfalto se comprobará mediante la norma de ensayo INV E-818 en no menos de cinco (5) puntos del área considerada como lote, ubicados al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

La tasa media de aplicación de ligante residual (TML) por lote, no podrá variar en más de quince por ciento (15 %) de la autorizada por el Interventor (TEL).

0.85 TEL ≤ TML ≤ 1.15 TEL

[464.1]

El Interventor se abstendrá de aceptar áreas regadas donde la dosificación media de ligante esté por fuera del rango especificado. Tampoco se aceptará un lote donde más de un punto de ensayo presente un resultado por fuera del límite citado. El Interventor determinará las medidas por adoptar cuando se presenten estos incumplimientos.

El costo de los materiales, equipos y operaciones requeridos para la corrección de defectos o excesos en el riego asfáltico, deberá ser asumido por el Constructor.

464.5.2.3 Calidad del geotextil

Por cada lote de rollos que llegue a la obra, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante del geotextil, donde se establezca el nombre del producto, la composición química relevante de los filamentos o cintas y toda la información que describa al geotextil, así como los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer todas las condiciones establecidas en la Tabla 464 - 1. El Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de geotextil que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Sin embargo, dicha constancia no evitará, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del Interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega.

El fabricante será responsable de establecer y mantener un programa de control de calidad, el cual debe ser informado al Interventor mediante un documento que lo describa.

La certificación del fabricante deberá hacer constar que el geotextil suministrado ofrece los valores mínimos promedio por rollo "VMPR", de acuerdo a los establecidos en su hoja de especificaciones de producto, obtenidos bajo el programa de control de calidad del fabricante. La certificación del fabricante deberá estar amparada por un sistema de gestión

de la calidad certificado bajo la norma ISO 9001 vigente, y deberá estar escrita en español o inglés.

Además, se deberá escoger al azar un número de rollos equivalente a la raíz cúbica del número total de rollos que conformen el lote. Se evaluarán rollos estándar con un área entre cuatrocientos y seiscientos metros cuadrados (400 y 600 m²) cada uno. En el caso de rollos con áreas diferentes, el total de metros cuadrados se deberá convertir a unidades de rollos equivalentes de quinientos metros cuadrados (500 m²).

De cada rollo se deberán descartar las dos primeras vueltas de geotextil para el muestreo. Posteriormente, se deberá tomar una muestra, como mínimo de un metro lineal (1 m) por el ancho correspondiente al rollo, verificando que esté totalmente seca y limpia. El número de especímenes se determinará de conformidad con las normas ASTM D 4354 *“Standard Practice for Sampling of Geosynthetics and Rolled Erosion Control Products (RECPs) for Testing”* y ASTM D4759 *“Standard Practice for Determining the Specification Conformance of Geosynthetics”*.

Las muestras, debidamente identificadas (número de lote, referencia del producto, etc.), se deberán empacar y enviar a un laboratorio distinto al del fabricante o proveedor, para que les sean realizadas las pruebas especificadas en la Tabla 464 - 1.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en la Tabla 464 - 1. Por ningún motivo se aceptarán geotextiles rasgados, agujereados o usados.

464.6 MEDIDA

La unidad de medida será el metro cuadrado (m²), aproximado al entero, de ligante y geotextil colocados a satisfacción del Interventor, de acuerdo con lo exigido por la presente especificación. El área se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje del trabajo, por el ancho especificado en los planos u

ordenado por el Interventor. No se medirá ningún área por fuera de tales límites, ni se considerarán, para efecto del pago, los traslajos.

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

464.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por metro cuadrado (m²), para toda obra ejecutada de acuerdo con la presente especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir el suministro, el almacenamiento y el transporte del geotextil; el barrido y el soplado de la superficie sobre la que se colocará el geotextil; los costos de las pruebas iniciales; el suministro, el almacenamiento, el transporte y la aplicación del ligante asfáltico; la colocación del geotextil; la protección de todos los elementos aledaños a la zona de los trabajos y que sean susceptibles de ser manchados por los riegos de asfalto; los costos de los desvíos que fuese necesario construir con motivo de la ejecución de las obras; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos y el período posterior en que se deba impedir o controlar, de acuerdo con las instrucciones del Interventor; así como toda labor, mano de obra, equipo o material necesarios para la correcta ejecución de los trabajos especificados.

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

El sellado previo de fisuras y grietas se pagará según el Artículo 466.

464.8 ÍTEM DE PAGO

464.1	Geotextil para repavimentación	Metro cuadrado (m ²)
-------	--------------------------------	----------------------------------

EXCAVACIÓN PARA REPARACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EXISTENTE

ARTÍCULO 465 – 13

465.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo se refiere a la excavación de zonas deterioradas de un pavimento asfáltico, de acuerdo con los documentos técnicos del proyecto y las indicaciones del Interventor; incluye, también, la remoción, cargue, transporte, descargue y disposición de los materiales excavados, y la compactación del fondo de las excavaciones realizadas.

Si las capas de asfálticas del pavimento por reparar se cortan y remueven empleando una máquina fresadora, dicha remoción quedará cubierta por el Artículo 460.

465.2 MATERIALES

No se requieren materiales para la ejecución de los trabajos objeto del presente Artículo.

465.3 EQUIPO

Además de lo que se indica a continuación, se considerará lo aplicable del numeral 400.3 del Artículo 400.

465.3.1 Máquina cortadora de pavimento

Para la ejecución de los cortes de las áreas por excavar se requieren máquinas cortadoras de pavimento con discos diamantados o de algún otro elemento abrasivo que permita obtener resultados equivalentes. El diámetro de los discos deberá ser el necesario para alcanzar la profundidad de las capas asfálticas por cortar y su potencia deberá garantizar la operación en una sola pasada, sin generar desprendimientos en las zonas de corte. El número de equipos será el necesario para realizar las excavaciones en cumplimiento del programa de trabajo.

465.3.2 Equipo para excavación y remoción

Se requieren taladros neumáticos, picos, escarificador de motoniveladora u otro equipo apropiado para remover las capas de la estructura existente.

465.3.3 Equipos para cargar, transportar y disponer los materiales excavados

Se requieren cargador, vehículos de transporte de materiales, eventual tractor con hoja topadora y compactador para la disposición y compactación de los escombros en el vertedero.

465.3.4 Otros elementos

Se requieren elementos adecuados para la compactación del fondo de la excavación y las herramientas auxiliares necesarias para la correcta ejecución del trabajo especificado.

No se aceptará el empleo de equipos que puedan causar daño al pavimento fuera de la zona por reparar.

465.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

465.4.1 Demarcación de las áreas por excavar

Antes de dar inicio a los trabajos de corte, el Interventor, o el Constructor bajo la supervisión de aquel, marcarán las áreas por someter a reparación, las cuales deberán abarcar todas las zonas dañadas del pavimento en reparación.

La demarcación se efectuará haciendo uso de figuras geométricas, cuadradas o rectangulares, cuyas caras longitudinales y transversales deberán ser, respectivamente, paralelas y perpendiculares al eje de la vía.

Efectuada la demarcación y antes de iniciar los trabajos de excavación para reparación del pavimento existente, el Constructor deberá diseñar un plan para la ejecución de las excavaciones y el posterior relleno de las mismas, que minimice las molestias a los usuarios y suprima los peligros para todo tipo de tránsito que haga uso de la vía. Dicho plan deberá ser evaluado por el Interventor, quien vigilará su cumplimiento una vez que le brinde su aprobación, la cual es indispensable para el inicio de los trabajos de corte y excavación.

465.4.2 Corte

Las capas asfálticas de las áreas delimitadas deberán ser cortadas con la máquina cortadora de pavimento, garantizando que las paredes excavadas sean uniformes y verticales.

465.4.3 Excavación

Una vez conformados los bordes de la excavación a través de las capas asfálticas, el Constructor excavará con el equipo aprobado hasta la profundidad señalada por el Interventor y removerá el material excavado, de manera que el fondo de la excavación sea plano, uniforme y firme.

Las paredes de la excavación deberán mantener la verticalidad obtenida durante el proceso de corte.

465.4.4 Compactación del fondo de la excavación

El fondo de la excavación deberá ser compactado en un espesor no menor de quince centímetros (15 cm), de acuerdo con los niveles de densidad que se indican en el numeral 465.5.2.2.

465.4.5 Cargue, transporte, descargue y disposición de los materiales excavados

El Constructor retirará todos los materiales excavados, los cuales deberán ser cargados en volquetas cubriéndolos con lonas u otros protectores adecuados, debidamente asegurados a la carrocería y transportados a los sitios de disposición indicados en los documentos del proyecto o definidos por el Interventor. Los materiales deberán ser transportados el mismo día en que sean excavados.

El volumen de material cargado en cada volqueta deberá ser tal, que no se excedan los límites de peso por eje y total establecidos por el Ministerio de Transporte para circulación por las carreteras nacionales.

Los materiales deberán quedar dispuestos en el vertedero de tal manera, que cumplan todas las reglamentaciones legales vigentes al respecto, en especial las referentes a la protección del medio ambiente, asegurando que no generen inestabilidad del terreno ni obstrucciones en el drenaje.

465.4.6 Control del tránsito

Durante la ejecución de las excavaciones y antes y durante su relleno, el Constructor deberá proveer todos los medios de señalización y

ordenamiento del tránsito que sean necesarios para garantizar la circulación segura y será responsable por todo daño o perjuicio que se produzca a terceros por su descuido o negligencia durante la ejecución de las reparaciones.

El Interventor deberá ordenar el relleno completo y adecuado de la excavación en el menor tiempo en que ello resulte técnicamente factible.

465.4.7 Manejo ambiental

Los trabajos de excavación para la reparación de un pavimento asfáltico existente se deberán acometer considerando la protección del medio ambiente y todas las disposiciones legales vigentes sobre el particular.

Por ningún motivo se permitirá que los escombros de la excavación sean depositados en la zona del derecho de vía, en cursos o láminas de agua o en áreas ecológicamente sensibles.

Cuando el trabajo se realice en cercanías de áreas habitadas, se deberá hacer en horas y con equipos que produzcan la menor contaminación acústica, según la reglamentación vigente.

465.4.8 Reparaciones adicionales

Si los equipos o los procedimientos empleados por el Constructor producen daños en las zonas adyacentes a las demarcadas, éstos deberán ser reparados por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

465.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

465.5.1 Controles

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

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo;
- Verificar la verticalidad de las paredes de la excavación y la adecuada compactación de su fondo;

- Verificar que la disposición de los materiales excavados se realice de acuerdo con las normas y reglamentos vigentes;
- Verificar que las medidas de señalización y control de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos, garanticen la seguridad de los usuarios en la vía;
- Verificar el cumplimiento de todas las medidas ambientales y de seguridad requeridas.

465.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

465.5.2.1 Acabado de la excavación

Las excavaciones sólo se aceptarán si la verticalidad de las paredes y su paralelismo y perpendicularidad con respecto al eje de la vía, resultan satisfactorios para el Interventor.

465.5.2.2 Compactación del fondo de la excavación

El Interventor decidirá el número de pruebas de control de compactación por efectuar, en función del tamaño del área excavada. Al efecto, la densidad se podrá comprobar por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164.

Ningún ensayo podrá dar lugar a un porcentaje de compactación inferior al cien por ciento (100 %) con respecto a la densidad máxima del ensayo modificado de compactación (norma de ensayo INV E-142), si la superficie expuesta corresponde a una base granular, o al noventa y cinco por ciento (95 %) con respecto al mismo ensayo, cuando se trate de una subbase granular o una subrasante arenosa; si se trata de una subrasante arcillosa, la densidad de referencia será el cien por ciento (100 %) del ensayo normal de compactación (norma de ensayo INV E-141).

El incumplimiento de este requisito implica el rechazo de los trabajos. En este caso, el Constructor deberá recompactar el fondo de la excavación hasta obtener los niveles de compactación mencionados en el párrafo anterior.

Si al realizar las excavaciones que son objeto de este Artículo se encuentran en su fondo capas estabilizadas o capas asfálticas de un pavimento antiguo y el Interventor considera que ellas no deben ser removidas, no habrá lugar a la aplicación de la exigencia sobre compactación mencionada en este inciso.

465.6 MEDIDA

La unidad de medida de la excavación para reparación del pavimento asfáltico existente será el metro cúbico (m³), aproximado a la décima de metro cúbico, de excavación realizada de acuerdo con esta especificación, debidamente aceptada por el Interventor.

Si las capas asfálticas se han cortado con una máquina fresadora, su volumen removido será objeto de medida y pago con cargo al Artículo 460.

El volumen se medirá multiplicando cada una de las áreas definidas por el Interventor por la profundidad media de cada excavación. No se incluirá en la medida ningún volumen por fuera de estos límites.

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

465.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor. El precio unitario deberá cubrir todos los costos relacionados con el corte y escarificación del pavimento asfáltico en el espesor ordenado por el Interventor; la excavación, remoción, cargue, transporte, depósito y correcta disposición, incluida la eventual compactación de los materiales excavados en vertederos aprobados; la compactación del fondo de las excavaciones, la señalización y el control de todo tipo de tránsito durante la ejecución de la excavación y el período adicional que determine el Interventor y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

Si el corte y la remoción de las capas asfálticas se realizan con una máquina fresadora, el precio unitario pactado en el presente Artículo solo cubrirá la excavación de las capas subyacentes.

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

Los costos del relleno de las excavaciones se pagarán de acuerdo con los materiales empleados para ello, según se indica en los Artículos correspondientes.

465.8 ÍTEM DE PAGO

- | | | |
|-------|---|--------------------------------|
| 465.1 | Excavación para reparación del pavimento asfáltico existente incluyendo el corte y la remoción de las capas asfálticas y de las subyacentes | Metro cúbico (m ³) |
| 465.2 | Excavación para reparación del pavimento asfáltico existente excluyendo el corte y la remoción de las capas asfálticas | Metro cúbico (m ³) |

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

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

SELLO DE GRIETAS EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

ARTÍCULO 466 – 13

466.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la conformación (ruteo) y la limpieza de las grietas lineales aisladas de un pavimento de mezcla bituminosa y su sellado empleando un producto de aplicación en caliente, de acuerdo con lo establecido en los planos y demás documentos del proyecto y las instrucciones del Interventor.

Este Artículo no aplica al sellado de aquellas áreas donde las grietas se encuentran formando bloques interconectados como las de tipo piel de cocodrilo, motivadas en la fatiga del pavimento. Tampoco a fisuras cuya abertura sea menor de 6 mm.

466.2 MATERIALES

El material para el sello de grietas deberá ser del tipo de aplicación en caliente, que cumpla los requisitos físicos de calidad indicados en la norma ASTM D 6690. Los ensayos respectivos se efectuarán conforme lo establece la norma de ensayo ASTM D 5329.

466.3 EQUIPO

El Constructor deberá poner a disposición de los trabajos el equipo necesario para su correcta ejecución, incluyendo una caldera de doble fondo para el calentamiento del producto sellante, un compresor de aire, lanzas de aire comprimido caliente, elementos para la conformación (ruteo) y sello de las grietas, vehículos de transporte y herramientas adicionales tales como escobas, palas, etc. El equipo deberá ser mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que duren los trabajos y deberá ser operado por personal capacitado.

Si el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, el Interventor ordenará la suspensión inmediata de los trabajos hasta que el Constructor corrija las deficiencias, lo reemplace o sustituya al operador, según corresponda.

La caldera deberá ser de doble fondo y el espacio entre los dos fondos deberá estar lleno de aceite para la transferencia de calor, de manera de impedir que la llama entre en contacto directo con el recipiente que contiene el producto sellante. El

aceite deberá tener un punto de inflamación no menor de 280° C. La caldera deberá disponer de un dispositivo de control automático de temperatura y un equipo de agitación que prevenga variaciones localizadas de la temperatura del sellante. Deberá estar dotada, además, de dos (2) termómetros para controlar la temperatura del sellante y la del aceite. Además, deberá estar montada sobre llantas neumáticas y deberá tener una placa metálica bajo el fogón, para proteger el pavimento.

El equipo mecánico para la conformación de las grietas (ruteadora) deberá ser de cuchillas múltiples rotatorias de carburo montadas alrededor de un volante, sostenidas en su lugar por pasadores de acero endurecido. El equipo deberá ser capaz de producir el contorno especificado de manera fácil y en una sola pasada y deberá ser accionado por un motor de, cuando menos, 15 kW de potencia.

El compresor deberá tener trampas capaces mantener el aire comprimido libre de agua y aceite y deberá producir una corriente continua de aire limpio y seco a una presión no inferior a seiscientos kilopascales (600 kPa) y en un volumen no menor de cuatro y medio metros cúbicos por minuto (4.5 m³/min).

La lanza de aire comprimido deberá ser capaz de suministrar una corriente continua de aire a alta presión a una temperatura de mil grados Celsius (1000° C) y a una velocidad de descarga de mil metros por segundo (1000 m/s), sin llama en el orificio de salida.

El equipo de aplicación del producto sellante deberá trabajar a presión y tener la capacidad suficiente para inyectar en flujo continuo el volumen requerido de sellante, hasta la profundidad adecuada. Deberá estar equipado con una boquilla cuya forma ajuste dentro de las grietas por sellar y dispondrá de un termómetro para verificar la temperatura de aplicación.

466.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

466.4.1 Transporte y almacenamiento

El transporte y el almacenamiento de todos los productos requeridos para la ejecución de los trabajos objeto de este Artículo son de responsabilidad exclusiva del Constructor, quien deberá realizarlos de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes de dichos productos y de manera que no se produzcan alteraciones que ocasionen deficiencias en la calidad de la obra. El transporte se ajustará, en todo lo que corresponda, a la

reglamentación vigente en cuanto a cargas y dimensiones y a protección ambiental.

466.4.2 Labores previas

Antes de iniciar los trabajos de sello de grietas, el Constructor deberá instalar señales de prevención y dispositivos de seguridad, así como contar con los bandereros y paleteros requeridos, todo ello según lo establezca el capítulo referente a señalización de calles y carreteras afectadas por obras, del Manual de Señalización Vial vigente. En ningún caso se permitirá la ejecución de los trabajos de sello de grietas, mientras no se cumpla lo establecido en este numeral.

466.4.3 Preparación de las grietas

Todas las grietas por sellar que indique el Interventor y que tengan un ancho mayor de 6 mm y menor o igual a 20 mm deberán ser conformadas mecánicamente en un ancho y una profundidad de 20 mm. La ruteadora deberá exhibir, en todo momento, la capacidad de conformar el depósito de diseño en una sola pasada. El Constructor deberá cambiar las cortadoras siempre que se presente alguna evidencia de que la configuración especificada para el depósito del sello no se está logrando de manera expedita en una sola pasada.

La operación debe ser correcta, con el fin de cortar las paredes débiles y oxidadas de la grieta, dejando el pavimento con la resistencia necesaria para asegurar la adhesión del sello a largo plazo y creando el depósito de dimensiones adecuadas que permita colocar suficiente cantidad de sello.

Una vez elaborado, el depósito deberá presentar paredes verticales y un perfil horizontal uniforme y deberá ser limpiado con aire comprimido para remover partículas de polvo, materiales sueltos y humedad que impidan la adhesión del producto sellante.

Antes de aplicar el sellante, los bordes expuestos de la capa asfáltica recién cortada deberán ser tratados con la lanza de aire comprimido caliente hasta que la grieta se encuentre completamente seca y ligeramente oscurecida.

Las grietas cuyo ancho sea superior a 20 mm no requieren conformación, pero deberán ser limpiadas de todo material suelto y extraño en una profundidad, cuando menos, igual a su ancho.

Siempre que en el interior de una grieta se encuentren atrapados materiales incompresibles, ellos deberán ser removidos cuidadosamente.

Por ningún motivo se permitirá el empleo de barras, cinces o equipos neumáticos de percusión que puedan afectar la mezcla asfáltica, como tampoco solventes que puedan disolver el asfalto o degradar o transportar los elementos contaminantes hacia el fondo de la grieta e impedir la adecuada adherencia del material sellante.

Antes de proceder al sellado, todo material suelto que quede en la superficie del pavimento, como resultado de las operaciones de conformación o de limpieza de las grietas, deberá ser removido mediante barrido o soplado con aire comprimido, de una manera que resulte satisfactoria para el Interventor y no produzca molestias a los usuarios ni a los vecinos de la vía.

466.4.4 Sellado de las grietas

El material sellante deberá ser colocado dentro de la grieta en un término no mayor de 2 minutos desde que la lanza de aire caliente haya pasado por las grietas y sus superficies aledañas. Este tiempo es crítico y, por lo tanto, entre más breve sea, el trabajo quedará mejor ejecutado.

El sellante deberá ser calentado y aplicado dentro de los rangos de temperatura especificados, en acuerdo con las recomendaciones del fabricante. La temperatura del sellante en el instante de su descarga en el depósito deberá ser tal, que le permita fluir libremente a través de la grieta. El sellado de las grietas no podrá comenzar mientras no se haya determinado que el producto ha alcanzado la temperatura correcta de colocación. El sellante se aplicará desde el fondo de la grieta hacia la superficie.

La operación de sellado deberá ser limpia, rellenando únicamente las áreas requeridas, sin dejar manchas en el pavimento fuera de la grieta, evitando derrames y pérdidas de material.

Ningún sellante que se haya calentado en exceso de 10° C o más, por encima de la temperatura de calentamiento seguro especificada por el fabricante, podrá ser empleado para los trabajos de que es objeto el presente Artículo.

Toda cantidad de sellante aplicada en exceso deberá ser removida inmediatamente se termine la aplicación, utilizando elementos enrasadores provistos de allanadores de caucho o de neopreno.

Una vez concluido el sellado, la superficie de rodamiento deberá presentar una textura uniforme, sin rebordes que impidan el libre escurrimiento del agua superficial sobre la carpeta.

466.4.5 Control del tránsito

No se permitirá la circulación del tránsito automotor mientras el sellante no haya curado, para evitar que pueda ser desprendido. En sitios tales como intersecciones, donde el control del tránsito no resulte práctico, el Constructor deberá prevenir el levantamiento del sellante o la formación de huellas en él, aplicando arena u otro producto secante aprobado por el Interventor. Esta aplicación no se podrá realizar hasta que el sellante haya enfriado lo suficiente como para impedir la inclusión del producto de protección dentro del sellante.

466.4.6 Limitaciones en la ejecución

No se permitirán la realización de los trabajos objeto del presente Artículo cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie del pavimento sean inferiores a cinco grados Celsius (5° C), la superficie se encuentre húmeda o haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra.

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

466.4.7 Manejo ambiental

Durante los trabajos de sello de grietas, el Constructor deberá tomar todas las precauciones necesarias para evitar la contaminación de aire, suelos, aguas superficiales o subterráneas y la flora, conforme a lo señalado en la reglamentación ambiental vigente. En particular, deberá:

- Evitar la colocación de la caldera en vecindades de algún curso de agua o de sistemas de alcantarillado;
- Evitar el calentamiento excesivo del producto sellante;
- Dotar a sus operarios de los elementos que los protejan contra quemaduras y aspiración de vapores tóxicos.

Al término de cada jornada de trabajo o antes si así lo requiere el Interventor, deberá limpiar y remover todos los escombros generados por la operación de sellado de grietas en el área de trabajo. Igual disposición deberá tomar al término definitivo de los trabajos.

El Constructor deberá abstenerse de depositar sobrantes de los trabajos en la zona de derecho de vía o en cualquier otro lugar donde se puedan producir algún perjuicio ambiental.

466.4.8 Conservación de los trabajos

Es responsabilidad del Constructor la conservación del sello de grietas hasta que el trabajo sea recibido a satisfacción por el Interventor.

466.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

466.5.1 Controles

Se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el correcto estado y funcionamiento de los equipos dispuestos para los trabajos;
- Verificar que los recipientes con el sellante vengán acompañados de documentos que certifiquen el nombre del fabricante, el nombre comercial del producto, el número del lote de fabricación y las temperaturas de aplicación y de calentamiento seguro;
- Ejecutar los ensayos para verificar la conformidad del producto con lo establecido en el numeral 466.2, cada vez que el Interventor lo estime conveniente;
- Verificar la correcta ejecución de los trabajos especificados;

- Medir, para efectos de pago, las cantidades de obra correctamente ejecutadas.

466.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias.

Se adelantarán las siguientes actividades:

- Verificar que las temperaturas de calentamiento y aplicación del sellante sean las apropiadas e impedir la utilización de todo sellante cuya temperatura haya excedido en más de 10° C la de calentamiento seguro;
- Verificar la correcta ejecución del depósito para el sellante;
- Verificar el adecuado calentamiento de la grieta antes de aplicar el sellante y controlar el tiempo entre el calentamiento y la aplicación;
- Verificar que el acabado final de la superficie de rodamiento a causa de los trabajos especificados no presente afloramientos del producto sellante o cualquier otro defecto que afecte adversamente la calidad de la circulación o el buen comportamiento del pavimento;
- Verificar que la superficie del pavimento quede limpia y que los excedentes del producto hayan sido retirados y dispuestos de conformidad con las normas vigentes sobre la materia.

El Interventor se abstendrá de aceptar los trabajos realizados si, al efectuar las verificaciones a las cuales hace referencia este inciso, determina algún incumplimiento por parte del Constructor.

466.6 MEDIDA

La unidad de medida del sello de grietas será el metro lineal (m), aproximado al entero, de grieta sellada para cualquier ancho y profundidad de ella, en acuerdo con los documentos del proyecto y a plena satisfacción del Interventor.

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

466.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al precio unitario del contrato, por la longitud de grietas correctamente sellada de acuerdo con el presente Artículo y recibida a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de conformación (ruteo), limpieza y calentamiento de las grietas, los de adquisición, manejo, almacenamiento, suministro en el sitio, calentamiento y aplicación del producto sellante en el sitio de colocación final. Además, deberá cubrir los costos por concepto de desperdicios, por limpieza de la superficie luego de los trabajos; control del tránsito antes, durante y después de la ejecución de los trabajos; y, en general, todo costo necesario para el correcto cumplimiento de esta especificación.

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

466.8 ÍTEM DE PAGO

466.1 Sello de grietas en pavimento asfáltico sin ruteo	Metro lineal (m)
466.2 Sello de grietas en pavimento asfáltico con ruteo	Metro lineal (m)