

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		 ALCALDIA MAYOR BOGOTÁ D.C. <small>Instituto</small> DESARROLLO URBANO
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

SECCIÓN 450-05

RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA O CON ASFALTO ESPUMADO

450.1 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.

450.2 MATERIALES

450.2.1 Agregados del reciclaje

Los agregados pétreos serán los resultantes de la pulverización mecánica de las capas de pavimento en el espesor indicado en el proyecto y ajustado por el Interventor cuando corresponda. La gradación será definida en los documentos técnicos del proyecto, en función de los materiales por reciclar; si los términos no indican otra cosa, la granulometría será la indicada en la Tabla 450.1.

Tabla 450.1
Granulometría admisible para reciclaje de pavimento asfáltico

Tamiz		Porcentaje que Pasa
mm	U.S. Standard	
37.5 mm	1 1/2"	100
25.0 mm	1"	75-100
19.0 mm	¾"	65-100
9.5 mm	3/8"	45-75
4.75 mm	No.4	30-60
2.00 mm	No 10	20-45
425 µm	No 40	10-30
75 µm	No.200	5-20

450.2.2 Agregados de adición

En el caso de que se requiera la adición de material pétreo para satisfacer el requisito de gradación, éste deberá cumplir con las características de material de base granular (Sección 400, Tabla 400.2) o de sub-base granular (Sección 400, Tabla 400.3, Clase A ó B). Salvo que los documentos técnicos del proyecto indiquen otra cosa, se empleará material granular de sub-base clase A (SBG_A) para el material de adición.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

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 μm (No 200) del agregado combinado por su índice de plasticidad, no podrá ser mayor de setenta y dos (72).

450.2.3 Materiales bituminosos

Para los reciclajes en frío con emulsión asfáltica, ésta será de rompimiento lento, tipo CRL-1 cuyo residuo de destilación tenga una penetración 100-250, compatible con los agregados pétreos, la cual deberá cumplir con los requisitos de calidad establecidos en el aparte 210.2.2 de la Sección 210 de las presentes especificaciones. Si se requiere una emulsión de diferentes características, de efecto regenerante por ejemplo, ella deberá ser objeto de una especificación particular.

Para los reciclajes 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 aparte 200.2.2 de la Sección 200 de las presentes especificaciones. 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.

450.2.4 Llentantes activos

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 Pórtland, la cal hidratada y las cenizas volantes, cuyas características se deberán establecer en una especificación particular.

En ocasiones también se adicionan llenantes con el propósito de controlar la rotura de la emulsión asfáltica.

450.2.5 Aditivos mejoradores de adherencia entre agregados y asfalto

Cuando se requieran, deberán ser propuestos por el Constructor y su tipo y dosificación deberán asegurar el cumplimiento del requisito de resistencia conservada de la mezcla, que se indica en el numeral 450.3. de esta Sección. Asimismo, 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 o del Instituto de Desarrollo Urbano.

La dosificación y dispersión homogénea del aditivo, deberán tener la aprobación del Interventor.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

450.2.6 Agua

El agua requerida para el humedecimiento previo de los agregados pétreos estará libre de materia orgánica y de elementos químicos que dificulten el proceso de mezclado y el curado de la mezcla. Su pH, medido según norma ASTM D-1293, deberá estar entre cinco y medio y ocho (5.5 - 8.0) y su contenido de sulfatos, expresado como SO_4^{2-} , no deberá ser mayor de un gramo por litro (1 g/l). El contenido de sulfatos se determinará de acuerdo con la norma ASTM D-516.

450.3 DISEÑO DE LA MEZCLA Y OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE TRABAJO

El Constructor definirá una "fórmula de trabajo" que deberá cumplir todas las exigencias establecidas en la presente Sección. El Constructor elaborará un informe detallado para aprobación del Interventor, en el cual presentará y sustentará la mezcla que pretende colocar en la obra, incluyendo la evaluación de los agregados (material molido y de adición), del llenante activo, del ligante asfáltico y de la fórmula de trabajo.

Además de las proporciones de mezcla de los agregados (si se requieren agregados de adición), se deberá indicar el porcentaje de ligante bituminoso (aproximado a la décima) en relación con el peso de la mezcla, y los porcentajes de aditivos, respecto del peso del ligante asfáltico, cuando su incorporación resulte necesaria.

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 esta Sección. La fórmula aprobada sólo podrá modificarse durante la ejecución de los trabajos, si las circunstancias lo aconsejan y previo el visto bueno del Interventor.

De acuerdo con el espesor de pavimento que deba procesarse en los trabajos, según lo establezcan los documentos del proyecto, el Constructor estimará la cantidad óptima teórica necesaria de ligante residual para la combinación de agregados y determinará el tipo y 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. Estas pruebas se deberán complementar con ensayos mecánicos adecuados para el diseño de la mezcla.

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.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		 ALCALDIA MAYOR BOGOTÁ D.C. <small>Instituto</small> DESARROLLO URBANO
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

En todos los casos, la fórmula indicará:

- La identificación y la proporción (en peso seco) 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 compactación, en relación con el peso seco del componente mineral.
- El porcentaje óptimo de ligante residual y de emulsión (o asfalto espumado), en relación con el peso seco del material reciclado y el componente mineral adicional si se requiere.
- La identificación y dosificación de llenante activo y de aditivos, si se requieren, que deben ser de la misma marca utilizada en las pruebas de laboratorio y en la fase de experimentación.
- La resistencia a la compresión inconfiada o a la tracción indirecta, según el caso.
- La densidad máxima y la humedad óptima correspondientes a la densidad de diseño.
- Los resultados de los ensayos complementarios que indique el pliego

450.3.1 Resistencia

Existen diferentes métodos de diseño para reciclajes estabilizados con emulsiones asfálticas o asfaltos espumados. La mezcla se puede diseñar por resistencia a la compresión inconfiada, por resistencia a la tracción indirecta o por módulo dinámico. Los documentos del proyecto pueden establecer, mediante especificación particular, los métodos de diseño y los criterios de selección del contenido óptimo de ligante.

450.3.1.1 Reciclaje con emulsión asfáltica

Si los documentos técnicos no dicen otra cosa, para el diseño de reciclajes con emulsión asfáltica, se utilizará el ensayo de inmersión-compresión (anexo de la norma INV E-738), aplicándose los siguientes criterios como guía para la selección del óptimo contenido de ligante en la mezcla reciclada:

- Resistencia de probetas curadas en seco ≥ 2000 KPa
- Resistencia conservada tras curado húmedo ≥ 75%

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

450.3.1.2 Reciclaje con asfalto espumado

En el caso de reciclajes con asfalto espumado, se aplicarán los siguientes criterios para la preparación del espumado del asfalto:

- Relación de expansión ≥ 10
- Vida media (segundos) ≥ 10

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

Si los documentos técnicos no dicen otra cosa, para el diseño de reciclajes con asfalto espumado y establecer su contenido óptimo de asfalto, se utilizará el ensayo de tracción indirecta, de acuerdo con el procedimiento descrito en la norma de ensayo INV E-785, aplicándose los siguientes criterios como guía para la selección del óptimo contenido de ligante en la mezcla reciclada:

- Resistencia de probetas curadas en seco ≥ 250 kPa
- Resistencia conservada tras curado húmedo ≥ 50 %

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

450.3.1.3 Ensayos complementarios

Adicionalmente, dependiendo de las condiciones particulares de cada proyecto (importancia, tamaño, plazo de ejecución), los documentos técnicos del proyecto podrán requerir la ejecución y reporte de los ensayos que se indican en la Tabla 450.2, ejecutados sobre muestras preparadas con el contenido óptimo de ligante asfáltico, como complemento del diseño de la mezcla.

Tabla 450.2
Ensayos complementarios sugeridos para capas de reciclaje con productos bituminosos

PROPIEDAD	Número Mínimo de Probetas		
	T0-T1	T2-T3	T4-T5
Resistencia a la Tracción Indirecta curada en seco (reciclaje con emulsión asfáltica)	3	3	3
Resistencia a la Tracción Indirecta tras curado en húmedo (reciclaje con emulsión asfáltica)	3	3	3
Módulo Dinámico	-	1	2
Curva de Fatiga	-	4	4

450.4 EQUIPO

En adición a lo descrito en la Sección 107.2 del Capítulo 1, se tendrá en cuenta lo que se indica a continuación.

450.4.1 Equipo para el procesamiento de los agregados de adición

La planta de trituración estará provista, como mínimo, de una trituradora primaria y una trituradora secundaria; deberá incluir, además, una clasificadora adecuada y, de ser necesario, un equipo de lavado.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		 ALCALDIA MAYOR BOGOTÁ D.C. <small>Instituto</small> DESARROLLO URBANO
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

Además, deberá estar provista de los filtros necesarios para prevenir la contaminación ambiental, de acuerdo con la reglamentación vigente.

450.4.2 Equipo de transporte de agregados de adición

Los agregados pétreos se transportarán en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin. Las volquetas deberán estar siempre provistas de una lona o cobertor adecuado, debidamente asegurado, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir derrames y emisiones contaminantes.

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 del Transporte (MT), la Secretaría de Tránsito y Transporte (STT) y el Departamento Administrativo del Medio Ambiente (DAMA).

450.4.3 Equipo para la disgregación del pavimento existente y mezcla de los materiales

Las labores de disgregación del pavimento existente y de mezcla adecuada de todos los ingredientes hasta su completa homogenización, se ejecutarán por medio de una máquina recicladora autopropulsada.

La recicladora debe ser capaz de disgregar el pavimento hasta la profundidad mostrada en los planos en una sola pasada, manteniendo una profundidad y ancho constantes y un perfil uniforme. Debe poder producir la gradación requerida.

La 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 sólo 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.

450.4.4 Equipo para la extensión, nivelación y compactación de los materiales

El equipo para la extensión y nivelación de la mezcla elaborada y homogenizada estará conformado por motoniveladoras.

Para la compactación, se podrán utilizar compactadores de rodillos metálicos, estáticos o vibratorios, de neumáticos o mixtos. Como mínimo, el Constructor deberá poner a disposición de los trabajos un (1) un compactador de rodillo liso vibratorio y uno (1) de neumáticos. El equipo de compactación deberá contar con el visto bueno del Interventor. Todos los compactadores deberán ser autopropulsados y estar dotados de inversores de marcha suaves.

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 de neumáticos tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslape de las huellas delanteras y traseras.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		 ALCALDIA MAYOR BOGOTÁ D.C. <small>Instituto</small> DESARROLLO URBANO
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

Las presiones de contacto, estáticas o dinámicas, de los diversos compactadores, serán las necesarias para conseguir la densidad adecuada y homogénea de la capa en todo su espesor, pero sin producir roturas del agregado.

450.5 REQUERIMIENTOS DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

450.5.1 Fase de Experimentación

Sobre el particular, rige todo lo que resulte pertinente del numeral 107.11 del Artículo 107 del Capítulo 1 de estas especificaciones.

450.5.2 Explotación de materiales y elaboración de agregados de adición

Sobre el particular, rige todo lo que resulte pertinente del numeral 107.10 del Artículo 107 del Capítulo 1 de estas especificaciones.

450.5.3 Remoción de obstáculos

Antes de proceder a la disgregación del pavimento, y si los documentos técnicos del proyecto así lo indican, se deberán demoler parcial y temporalmente las estructuras de servicios públicos ubicadas dentro del área de pavimento por reciclar, cubriendo adecuadamente los orificios resultantes, de manera que el proceso de reciclaje 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, para permitir la operación libre y continua de la recicladora.

Las tapas temporales de las estructuras deberán asegurarse adecuadamente a ellas y deberán tener la suficiente resistencia para soportar los esfuerzos generados durante el proceso de reciclaje.

La localización de las estructuras demolidas parcial y temporalmente deberá ser relacionada con precisión, de manera que una vez concluido el trabajo de reciclaje, ellas se puedan ubicar y reconstruir hasta el nivel definitivo de la rasante del pavimento.

Las actividades de demolición y reconstrucción de las estructuras de servicios públicos se pagarán de acuerdo con la especificación particular correspondiente.

450.5.4 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 deberán rellenarse 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 aparte 400.5.3., Tabla 400.6, de la Sección 400 de las presentes especificaciones.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

Inmediatamente antes de proceder a la pulverización del pavimento, se deberá barrer y/o soplar la superficie por tratar.

450.5.5 Disgregación del pavimento existente y eventual adición de agregados de adición

Empleando el equipo aprobado durante la fase de experimentación, el Constructor intervendrá el pavimento existente en el espesor de diseño o el ordenado por el Interventor, pulverizando la capa bituminosa existente y mezclándola, si es el caso, con parte de la base subyacente y/o con agregados de adición previamente depositados uniformemente sobre el pavimento; como resultado de dicho proceso, el material disgregado y mezclado deberá cumplir con la gradación establecida en el aparte 450.2.1.

Dependiendo de los resultados obtenidos, puede ser necesario que la operación de disgregación del pavimento existente deba ser completada antes de proceder a la adición y mezcla de nuevos materiales.

Todo sobretamaño que no haya sido reducido durante el proceso, será retirado y dispuesto en el sitio que haya autorizado el Interventor. Si el pavimento existente contiene geosintéticos dentro de la profundidad de reciclaje, el Contratista debe hacer los ajustes necesarios en la máquina de manera que éstos sean molidos en pedazos menores que 10cm; se deberá retirar todo pavimento procesado que contenga pedazos de geosintético de tamaño mayor a 10cm.

Si alguna sección de pavimento pulverizado debe ser abierta temporalmente al tránsito, deberá ser previamente compactada y conformada a satisfacción del Interventor.

450.5.6 Incorporación de llenantes, agua y producto bituminoso y elaboración de la mezcla

La aplicación de los llenantes (cemento Pórtland, cal, cenizas volantes) deberá comenzar inmediatamente después de la pulverización del pavimento y su eventual mezcla con el agregado de adición (si se requiere) y antes de incorporar el agua y el ligante asfáltico. Todos los ingredientes deberán ser aplicados uniformemente sobre la superficie por tratar, a las tasas definidas al estudiar la fórmula de trabajo. Añadidos los ingredientes en el orden citado, se efectuará su mezcla íntima con el mismo equipo utilizado para la pulverización.

Alternativamente, si la máquina recicladora es capaz de pulverizar el pavimento existente y mezclar simultánea y satisfactoriamente en una sola pasada todos los componentes, los llenantes y el agregado de adición (si se requiere) pueden ser aplicados uniformemente sobre el pavimento inmediatamente antes de su reciclado.

Durante la operación, la máquina recicladora debe aplicar el producto bituminoso de estabilización y el agua requerida para la compactación en las dosificaciones de diseño; la dosificación de ligante podrá ser variada dependiendo de las condiciones del pavimento existente, de manera que se garantice en todo momento la obtención de una mezcla que satisfaga los requisitos establecidos en el numeral 450.3.

Si la mezcla requiere aireación previa a la compactación, ella se realizará hasta que la mezcla alcance la humedad apropiada. En caso contrario, la mezcla se extenderá en el ancho y espesor definidos en los planos del proyecto u ordenados por el Interventor.

Las operaciones de mezcla se deben realizar en segmentos completos. Cada segmento deberá ser mezclado y compactado en la misma jornada de trabajo.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		 ALCALDIA MAYOR BOGOTÁ D.C. <small>Instituto</small> DESARROLLO URBANO
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

No se permitirán trabajos de reciclaje 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. Toda mezcla afectada por las aguas lluvias será corregida por el Constructor si, a juicio del Interventor, ello resulta posible; en caso contrario, deberá ser removida y reemplazada por una de calidad equivalente, elaborada con materiales similares sobrantes del reciclado de otra zona del proyecto o con agregados de adición, sin que ello dé lugar a pago adicional por parte del Instituto de Desarrollo Urbano.

450.5.7 Extensión de la mezcla

Después de mezclado, el material reciclado se extenderá en una o varias capa de espesor uniforme que permitan obtener el espesor y grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de experimentación. En todo caso, la cantidad de material extendido será tal, que el espesor de la capa compactada nunca resulte inferior a 100 milímetros ni supere los siguientes valores:

- 200 milímetros, para reciclaje con asfalto espumado
- 150 milímetros, para reciclaje con emulsión asfáltica

Si el espesor por construir es superior a estos valores, el material se deberá colocar en varias capas, debiéndose procurar que el espesor de ellas sea aproximadamente igual. En este caso, se deberá retirar provisionalmente la parte del material que constituirá la segunda capa mientras se extiende y compacta la primera de ellas; se aplicarán para cada capa los procedimientos de ejecución y control descritos en la presente Sección.

450.5.8 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.

Si se considera necesario, se aplicarán riegos de agua durante el proceso de compactación, para compensar las pérdidas por evaporación y cerrar la textura de la capa.

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.

450.5.9 Apertura al tránsito

En el caso de reciclajes con emulsión asfáltica, la capa podrá abrirse al tránsito no antes de 5 días de terminada la compactación, limitando la velocidad de los vehículos a treinta kilómetros por hora (30 km/h) durante las primeras cuarenta y ocho (48) horas.

En el caso de reciclajes con asfalto espumado, la capa podrá abrirse al tránsito terminada la compactación, limitando la velocidad de los vehículos a treinta kilómetros por hora (30 km/h) durante las primeras cuarenta y ocho (48) horas.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		 ALCALDIA MAYOR BOGOTÁ D.C. <small>Instituto</small> DESARROLLO URBANO
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

450.5.10 Curado de la capa compactada

Las capas recicladas 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%). Dicho período deberá ser, como mínimo, de diez (10) días en el caso de reciclajes 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 la Sección 504 de estas especificaciones, excepto que las aplicaciones de emulsión no excederán de tres décimas de litro por metro cuadrado (0.3 l/m²) y que el agregado de protección no es requerido.

450.5.11 Juntas de trabajo

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

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

450.5.12 Conservación

El Constructor deberá conservar la capa de pavimento reciclado 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.

450.6 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

450.6.1 Controles Generales

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

- Verificar el buen estado y correcto funcionamiento de los equipos y herramientas empleados por el Constructor; el Interventor ordenará el reemplazo inmediato de aquellos que, a su juicio, no permitan la correcta ejecución de los trabajos a que hace referencia esta Sección.
- Comprobar que los materiales cumplen con los requisitos de calidad exigidos en la presente Sección.
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aceptado como resultado de la ejecución de la fase de experimentación.
- Ejecutar ensayos de compactación en el laboratorio.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

- Verificar la densidad de las capas compactadas efectuando la corrección previa por partículas de agregado grueso, siempre que ella resulte necesaria. El control de densidad se realizará en el espesor de capa realmente construido, de acuerdo con el proceso constructivo aplicado.
- Tomar medidas para determinar espesores y levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie de la capa terminada.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados de acuerdo con los programas de trabajo.

450.6.2 Controles de producción de agregados de adición

Durante la etapa de producción de los agregados de adición, si estos se requieren, se examinarán las descargas de los diferentes agregados a los acopios y se ordenará el retiro de aquellos agregados que, a simple vista, presenten trazas de tierra vegetal, materia orgánica, sustancias deletéreas o tamaños superiores al máximo especificado. También, se deberán acopiar por separado aquellos agregados que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas, y plasticidad.

Se vigilará, además, la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores. Se efectuarán las verificaciones de calidad que indica la Tabla 450.3.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

Tabla 450.3
Verificaciones periódicas sobre los agregados de adición

Ensayo		Norma de Ensayo	Frecuencia
Composición			
Granulometría		INVE-213	1 por jornada
Dureza			
Desgaste Los Ángeles (Gradación A)	- En seco, 500 revoluciones - En seco, 100 revoluciones - Después de 48 horas de inmersión 500 revoluciones	INV E-218	1 por mes
Micro Deval,	- Agregado Grueso (FT)	ASTM D-6928	1 por mes
10% de finos	- Seco y Húmedo	BS 812 PART 111	1 por mes
Durabilidad			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos		INV E-220	1 por mes
Limpieza			
Límite Líquido		INV E-125	1 por jornada
Índice de Plasticidad		INV E-126	1 por jornada
Equivalente de Arena		INV E-133	1 por semana
Valor de Azul de Metileno		EN-933-9	1 por semana
Terrones de arcilla y partículas deleznales		INV E-211	1 por semana
Geometría de las Partículas			
Partículas Fracturadas Mecánicamente		INVE-227	1 por jornada
Índice de Aplanamiento		INV E-230	1 por semana
Índice de Aplanamiento		INV E-230	1 por semana
Angularidad del Agregado Fino		AASHTO T-304	1 por jornada

FT = Reporte obligatorio del resultado del ensayo partir de enero de 2007.

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

450.6.3 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

450.6.3.1 Calidad del producto bituminoso

Si el reciclaje se realiza con emulsión asfáltica, a la llegada de cada carrotanque con emulsión al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación original, expedida por el fabricante de la emulsión, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, el tipo y velocidad de rotura, así como los resultados de ensayos básicos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer las condiciones especificadas en el numeral 210.2.2 de la Sección 210 de las presentes especificaciones o las que se establezcan en la especificación particular que gobierne los trabajos.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		 ALCALDIA MAYOR BOGOTÁ D.C. <small>Instituto</small> DESARROLLO URBANO
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

El Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de emulsión asfáltica que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Además, el Constructor efectuará las verificaciones exigidas en el numeral 210.5 de la Sección 210 de estas especificaciones. En todos los casos, se guardará una muestra para ensayos ulteriores de contraste, en caso de que alguna de las partes manifieste inconformidad con los resultados iniciales.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en la Tabla 210.1 de la Sección 210 de las presentes especificaciones o en la especificación particular, según corresponda.

Cuando el reciclaje se realice mediante la técnica del cemento asfáltico espumado, a la llegada de cada carrotanque con cemento asfáltico al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación original, expedida por el fabricante del producto, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, el tipo de asfalto, así como los resultados de ensayos básicos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer las condiciones especificadas en el numeral 200.2.2 de la Sección 200 de las presentes especificaciones o las que se establezcan en la especificación particular que gobierne los trabajos.

El Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de cemento asfáltico que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Además, el Constructor efectuará las verificaciones exigidas en el numeral 200.5 de la Sección 200 de estas especificaciones. En todos los casos, se guardará una muestra para ensayos ulteriores de contraste, en caso de que alguna de las partes manifieste inconformidad con los resultados iniciales.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en la Tabla 200.1 de la Sección 200 de las presentes especificaciones o en la especificación particular, según corresponda.

Además, se realizarán las pruebas para verificar la relación de expansión y la vida media del asfalto espumado.

450.6.3.2 Calidad del agua

Siempre que el Interventor tenga alguna sospecha en relación con la calidad del agua utilizada en el reciclaje en el sitio con ligantes bituminosos, verificará u ordenará la verificación de su pH, su contenido de sulfatos y su contenido de materia orgánica, cuyos resultados deben satisfacer las exigencias del aparte 450.2.6 para permitir su empleo.

450.6.3.3 Calidad de los aditivos y elementos de aporte

El Interventor realizará u ordenará la realización de las pruebas para verificar la calidad de estos productos, cada vez que lo considere necesario. El incumplimiento de las especificaciones pertinentes de estos productos, implicará el rechazo del envío correspondiente.

450.6.3.4 Composición de la mezcla

Para efectos del control, se considerará como lote el volumen de material que resulte de aplicar los criterios del numeral 450.6.3.6.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

450.6.3.4.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, se determinará el contenido de asfalto (INV E-732) y la granulometría de los agregados (INV E-782).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART%) tendrá una tolerancia de uno por ciento (1%) con respecto al establecido en la fórmula de trabajo (ARF%). Dicho porcentaje incluye tanto la cantidad de ligante aportada por la emulsión o el cemento asfáltico espumado, como la suministrada por la estructura que se recicla.

$$ARF\% - 1.0\% \leq ART\% \leq ARF\% + 1.0\%$$

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

$$ART\% - 1.0\% \leq ARI\% \leq ART\% + 1.0\%$$

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.

450.6.3.4.2 Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados. Las curvas obtenidas deberán encontrarse dentro de los límites indicados en el aparte 450.2.1 de la presente Sección.

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 aparte 450.3. Si los requisitos allí indicados no resultan satisfactorios para el Interventor, se rechazará el lote al cual corresponda esa muestra.

450.6.3.5 Calidad de la mezcla

450.6.3.5.1 Resistencia

Con un mínimo de una (1) muestra por lote de la mezcla elaborada, se moldearán probetas (seis por muestra) para verificar en el laboratorio su resistencia en el ensayo de inmersión-compresión (anexo de la norma INV E-738) cuando el reciclaje se ejecute con emulsión asfáltica o en el ensayo de tensión indirecta (INV E-785) cuando se realice con asfalto espumado. Tres (3) de ellas se curarán en seco y tres (3) bajo condición húmeda.

La resistencia media de las tres (3) probetas sometidas a curado seco (Rm) deberá ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90%) de la resistencia seca de la mezcla definitiva de trabajo (Rt). Un criterio similar se aplicará para las probetas sometidas a curado húmedo.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		 ALCALDIA MAYOR BOGOTÁ D.C. <small>Instituto</small> DESARROLLO URBANO
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

$$R_m \geq 0.9 R_t$$

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

$$R_i \geq 0.8 R_m$$

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 de pavimento reciclado correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y corregida a satisfacción del Interventor, todo ello a cargo y costa del Constructor. Entre las opciones de corrección puede estar un nuevo reciclado de esta capa, si con este proceso se puede obtener un producto que cumpla a satisfacción con los requisitos de la presente Sección.

Adicionalmente, dependiendo de las condiciones particulares de cada proyecto (importancia, tamaño, plazo de ejecución), los documentos técnicos del proyecto podrán requerir la ejecución y reporte de los ensayos que se indican en la Tabla 450.4, ejecutados sobre muestras seleccionadas por el Interventor.

Tabla 450.4
Ensayos complementarios sugeridos para capas de reciclaje con productos bituminosos

PROPIEDAD	Número Mínimo de Ensayos		
	T0-T1	T2-T3	T4-T5
Resistencia a la Tracción Indirecta curada en seco (reciclaje con emulsión asfáltica)	1 (3)	2 (3)	4 (3)
Resistencia a la Tracción Indirecta tras curado en húmedo (reciclaje con emulsión asfáltica)	1 (3)	2 (3)	4 (3)
Módulo Dinámico	-	1 (1)	2 (2)
Curva de Fatiga	-		2 (4)

Nota: los valores entre paréntesis indican el número de probetas por ensayo.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

450.6.3.6 Calidad del producto terminado

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

- Doscientos cincuenta metros lineales (250m) de pavimento reciclado en frío en el lugar
- Un mil setecientos cincuenta metros cuadrados (1750 m²) de pavimento reciclado en frío en el lugar
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo

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, 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 no podrá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además, se deberán realizar las siguientes verificaciones:

450.6.3.6.1 Compactación

Las determinaciones de densidad de la capa compactada se realizarán en una proporción de cuando menos cuatro (4) por lote, las cuales se efectuarán por alguno de los métodos descritos en las normas INV E-161 y E-164. Los sitios para las mediciones se elegirán al azar, pero de manera que se realice al menos una prueba por cada 50 metros.

La densidad media del lote (Dm) deberá ser, como mínimo el noventa y cinco por ciento (95%) de la máxima obtenida al compactar en el laboratorio con la cantidad óptima de ligante las probetas de referencia según la técnica del ensayo Proctor Modificado (De).

$$Dm \geq 0.95 De$$

A su vez, la densidad obtenida en cada medida individual (Di) que resulte inferior al noventa y cinco por ciento (95%) de la densidad de laboratorio (De), deberá ser igual o superior al noventa y siete por ciento (97%) de la densidad media del lote (Dm), admitiéndose sólo un (1) valor defectuoso por lote, siempre y cuando ese valor no sea inferior al noventa por ciento (90%) de la densidad de laboratorio (De):

$$\text{si } Di < 0.95 De, Di \geq 0.97 Dm$$

El incumplimiento de alguno de estos requisitos tendrá como consecuencia el rechazo del lote.

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 correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y corregida a satisfacción del Interventor, todo ello a cargo y costa del Constructor. Entre las opciones de corrección puede estar un nuevo reciclado de esta capa, si con este proceso se puede obtener un producto que cumpla a satisfacción con los requisitos de la presente Sección.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		 ALCALDIA MAYOR BOGOTÁ D.C. <small>Instituto</small> DESARROLLO URBANO
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

450.6.3.6.2 Espesor

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

$$e_m \geq e_d$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i), deberá ser, cuando menos, el noventa por ciento (90%) del espesor de diseño, admitiéndose sólo un (1) valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando ese valor no sea inferior al ochenta y cinco (85%) del espesor de diseño (e_d).

$$e_i \geq 0.9 e_d$$

Si se incumple alguno de estos requisitos, se rechazará el lote. Si el Interventor lo autoriza, las deficiencias en espesor pueden ser corregidas con mezcla asfáltica de las capas superiores; si la corrección queda hecha de forma satisfactoria a juicio del Interventor, la capa de reciclaje se pagará según su espesor teórico pero no se medirá ni pagará la mezcla asfáltica empleada en la corrección.

450.6.3.6.3 Lisura

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) colocada 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 del pavimento reciclado donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deberán ser corregidas por el Constructor, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a satisfacción de éste.

450.7 MEDIDA

La unidad de medida de la capa de material reciclado estabilizado con emulsión asfáltica o con asfalto espumado será el metro cúbico (m^3), aproximado al entero, de material colocado y compactado, a satisfacción del Interventor. Cuando el cómputo de la fracción decimal de la obra aceptada resulte igual o superior a cinco décimas de metro cúbico ($\geq 0.5 m^3$) la aproximación al entero se realizará por exceso y cuando sea menor de cinco décimas de metro cúbico ($< 0.5 m^3$), la aproximación al entero se realizará por defecto.

El volumen de la capa de material reciclado estabilizado con emulsión asfáltica o con asfalto espumado se determinará multiplicando la longitud real construida, medida a lo largo del eje del proyecto, por el ancho y espesor mostrados en los documentos del proyecto o ajustados según los cambios ordenados por el Interventor. No se medirá, con fines de pago, ningún volumen por fuera de estos límites.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		 ALCALDIA MAYOR BOGOTÁ D.C. <small>Instituto</small> DESARROLLO URBANO
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

450.8 FORMA DE PAGO

El pago se hará por metro cúbico de pavimento asfáltico reciclado estabilizado con emulsión asfáltica o con asfalto espumado a los respectivos precios unitarios del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta Sección y aceptada a satisfacción por el Interventor.

Los precios unitarios deberán incluir la compensación total por el suministro en el lugar de la obra de todos los materiales requeridos para la construcción de la capa, así como herramientas, equipos y la ejecución completa de los trabajos contratados, a satisfacción plena del Interventor.

El precio unitario de la capa de material reciclado estabilizado con emulsión asfáltica o con asfalto espumado deberá cubrir, además, los permisos y licencias de toda índole que sean requeridos para la obtención de los materiales, su transporte y la correcta ejecución de los trabajos, así como los costos de la ejecución de la fase de experimentación y los costos de todos los muestreos y ensayos de caracterización, diseño y control, con excepción de aquellos ensayos considerados especiales para los cuales se establecen ítems de pago específicos en el numeral 450.9 de la presente Sección o en las especificaciones particulares del proyecto; y todo costo adicional en el cual se incurra para la realización completa y a satisfacción de los trabajos descritos en la presente Sección.

450.9 ITEM DE PAGO

450.1 Pavimento asfáltico reciclado en el sitio con emulsión asfáltica	Metro cúbico (m ³)
450.2 Pavimento asfáltico reciclado en el sitio con cemento asfáltico espumado	Metro cúbico (m ³)

450.E Ensayos especiales para capas de reciclaje de pavimento asfáltico en el sitio con emulsión asfáltica o asfalto espumado

450.E.1 Módulo Dinámico (3 frecuencias, 1 temperatura)	Unidad
450.E.2 Curva de Fatiga (4 puntos)	Unidad