

<b>SECCIÓN:</b> 454-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON CEMENTO PÓRTLAND	<b>VERSIÓN</b> 2.0	 <b>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.</b> Instituto <b>Desarrollo Urbano</b>
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

## SECCIÓN 454-11

### RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON CEMENTO PÓRTLAND

#### 454.1 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 y agua; la incorporación de cemento Pórtland; y la mezcla, extensión, compactación y curado de los materiales tratados, de acuerdo con los planos del proyecto y las instrucciones del Interventor.

#### 454.2 MATERIALES

##### 454.2.1 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 454.1.

**Tabla 454.1**  
**Granulometrías admisibles para reciclaje de pavimento asfáltico**

Tamiz		Porcentaje que
mm	U.S. Standard	Pasa
37.5 mm	1 1/2"	100
25.0 mm	1"	75-100
19.0 mm	3/4"	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

##### 454.2.2 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.

<b>SECCIÓN:</b> 454-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON CEMENTO PÓRTLAND	<b>VERSIÓN</b> 2.0	 <b>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.</b> Instituto <b>Desarrollo Urbano</b>
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

Adicionalmente, el agregado de adición debe cumplir con los requisitos establecidos en la Tabla 454.2:

**Tabla 454.2**  
**Características químicas para el agregado de adición**

Ensayo	Norma de Ensayo	Clase de Material Granular para estabilizar con cemento
Contenido de Sulfatos, $SO_4^{=}$ , % máximo	INV E-233-07	0.5
Reactividad Alkali - Agregado: Concentración $SiO_2$ y reducción alcalinidad R	INV E-234-07	$SiO_2 < R$ cuando $R \geq 70$ $SiO_2 < 35 + 0,5R$ cuando $R < 70$

Es recomendable que el agregado de adición tenga características mineralógicas similares a las del agregado que se recicla.

#### 454.2.3 Cemento

Los documentos del proyecto indicarán el tipo de cemento que se empleará en la construcción de capas granulares estabilizadas con éste. El cemento para la estabilización podrá ser del tipo Pórtland (I, II ó III), el cual deberá cumplir lo especificado en las normas NTC 121 y NTC 321; los documentos técnicos del proyecto indicarán el tipo de cemento que se debe emplear en el proyecto. Cuando existan cantidades peligrosas de sulfatos en los agregados, se deberá emplear un cemento resistente a ellos.

#### 454.2.4 Agua

El agua deberá ser limpia y estará libre de materia orgánica, álcalis y otras sustancias deletéreas. Su pH, medido según norma ASTM D-1293, deberá estar comprendido entre cinco y medio y ocho (5.5 - 8.0) y el contenido de sulfatos, expresado como  $SO_4^{=}$  y determinado según la norma ASTM D-516, no podrá ser superior a un gramo por litro (1 g/l). Se aceptará agua potable.

#### 454.2.5 Producto para Curado

El ligante asfáltico por emplear será una emulsión asfáltica catiónica de rotura rápida tipo CRR-1, la cual deberá cumplir las condiciones indicadas en el numeral 210.2.2 de la Sección 210 de las presentes especificaciones.

### 454.3 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

<b>SECCIÓN:</b> 454-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON CEMENTO PÓRTLAND	<b>VERSIÓN</b> 2.0	 <b>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.</b> Instituto <b>Desarrollo Urbano</b>
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

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 cemento y de la fórmula de trabajo.

En la fórmula de trabajo se consignarán la granulometría de cada uno de los agregados pétreos y las proporciones en que ellos deben mezclarse, si se requieren agregados de adición, para obtener la granulometría establecida para la capa por construir. También se deberá indicar el porcentaje de cemento (aproximado a la décima) en relación con el peso de la mezcla.

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.

Previamente a la definición del contenido de cemento, 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.

La fórmula de trabajo debe indicar, como mínimo, los siguientes requisitos de la mezcla:

- 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.
- La identificación y dosificación (en peso o en volumen) de cemento, de agua y, eventualmente, de aditivos, 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, a la tracción indirecta y las pérdidas en el ensayo de durabilidad
- La densidad de referencia del diseño (Proctor Estándar o Proctor Modificado)
- Los resultados de los ensayos complementarios que indique el pliego
- La densidad máxima y la humedad óptima correspondientes a la densidad de diseño.
- El plazo de trabajabilidad de la mezcla.
- Condiciones particulares de curado en obra.

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.

<b>SECCIÓN:</b> 454-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON CEMENTO PÓRTLAND	<b>VERSIÓN</b> 2.0	 <b>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.</b> Instituto <b>Desarrollo Urbano</b>
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

#### 454.3.1 Densidad máxima de referencia

La densidad máxima de referencia para la ejecución del reciclaje con cemento Pórtland será establecida en los documentos técnicos del proyecto, en función del tipo de material por reciclar, del nivel de tránsito, del tipo de pavimento y de la posición de la capa dentro de la estructura del pavimento. Todas las probetas necesarias para evaluar las propiedades de la mezcla se elaborarán a dicha densidad máxima de referencia; así mismo, los controles de compactación se efectuarán comparando las densidades obtenidas en el terreno contra ella.

Si los documentos técnicos del proyecto no indican otra cosa, la densidad máxima de referencia será la correspondiente al Proctor Modificado, norma INV E-142-07 (AASHTO T-180).

#### 454.3.2 Resistencia

El contenido mínimo de cemento en capas de reciclaje con cemento Pórtland será tal que permita la consecución de las resistencias indicadas en los documentos técnicos del proyecto; si éstos no indican otra cosa, los valores de resistencia serán los mostrados en la Tabla 454.3 En cualquier caso, dicho contenido no será inferior al tres por ciento (3%) en peso, respecto del total del material granular seco.

**Tabla 454.3**  
**Resistencias mínimas y máximas para capas de reciclaje con cemento Pórtland**

Característica	Categorías de tránsito	
	T0-T1	T2-T5
Resistencia mínima a la compresión a 7 días, Mpa, Rd_min	2.5	2.5
Resistencia máxima a la compresión a 7 días, Mpa, Rd max	4.5	4.5
Resistencia mínima a la tracción indirecta, 7 días, MPa	-	0.25
Resistencia mínima conservada a la tracción indirecta, 7 días, %	-	75

#### 454.3.3 Indicaciones particulares para ensayos de resistencia

##### 454.3.3.1 Preparación de probetas

- Para la determinación de la resistencia se deben preparar 3 probetas por tipo de ensayo y por contenido de cemento: 3 para compresión inconfiada y 6 para tracción indirecta (3 para ensayo sin inmersión y 3 para ensayo con inmersión); se deben analizar al menos 3 contenidos de cemento.
- La preparación de probetas para determinación de la humedad óptima y la densidad máxima, así como para la determinación de las resistencias a tracción indirecta y compresión inconfiada, debe hacerse siguiendo en general los lineamientos de los métodos INV E-806-07 e INV E-809-07, con los ajustes que se indican a continuación.

<b>SECCIÓN:</b> 454-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON CEMENTO PÓRTLAND	<b>VERSIÓN</b> 2.0	
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

- c) Para la preparación de las probetas, se debe sustituir el material retenido en el tamiz de 19.0 mm (3/4") por material que pasa el tamiz de 19.0 mm (3/4") y es retenido en el tamiz de 12.5 mm (1/2").
- d) El molde para la compactación tendrá un diámetro de 152.4 mm y una altura de 116.4 mm de altura; la compactación se realizará en 5 capas de igual espesor (25mm aproximadamente), aplicando los golpes por capa mediante un martillo de 4.536 kg de peso y 457 mm de caída.
- e) El número de golpes por capa será de 55, para la energía correspondiente Proctor Modificado, norma INV-142-07 (AASHTO T-180); si los documentos técnicos indican que la densidad máxima de referencia corresponde al Proctor Estándar, norma INV E-141-07 (AASHTO T-99), se aplicarán 12 golpes por capa.
- f) El agua debe añadirse después de mezclado el cemento con el agregado. Con el fin de simular las condiciones de construcción, la compactación se debe realizar una hora después de efectuada la mezcla del cemento y el agua. El material mezclado y sin compactar se debe colocar en un recipiente hermético para prevenir la pérdida de agua y se debe re-mezclar completamente cada 15 minutos.

#### **454.3.3.2 Curado de probetas para ensayos de resistencia**

- a) Si el material carece de suficiente cohesión, puede ser necesario dejar las probetas dentro del molde por 24 horas, permitiendo que desarrolle suficiente resistencia antes de su extracción.
- b) Las probetas deben curarse durante 7 días a una humedad relativa ente 95 y 100% y una temperatura entre 20 y 25oC en un cuarto húmedo o en bolsas de plástico selladas para retener la humedad.
- c) Para casos especiales, en los cuales se requiera tener con urgencia los resultados de resistencia, se puede emplear un método alternativo de curado en horno, colocando las probetas en bolsas plásticas selladas; el tiempo de curado será de 24 horas, para una temperatura de curado de 70 a 75oC, y será de 45 horas para una temperatura de curado de 60 a 62oC. Los resultados de resistencia obtenidos de las probetas curadas al horno se considerarán como preliminares; los resultados finales deberán obtenerse de probetas curadas a 7 días en cuarto húmedo.
- d) Después del curado, las probetas se deben sacar del cuarto de curado o de las bolsas plásticas; si se han curado en el horno, las probetas deben dejarse enfriar a la temperatura ambiente.

<b>SECCIÓN:</b> 454-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON CEMENTO PÓRTLAND	<b>VERSIÓN</b> 2.0	 <b>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.</b> Instituto <b>Desarrollo Urbano</b>
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

#### 454.3.3.3 Determinación de la resistencia a la compresión inconfiada, RCI

- Las probetas para compresión inconfiada deben ser sumergidas por 4 horas en agua a temperatura entre 22 y 25°C antes de la prueba.
- La aplicación de carga para medir la resistencia a la compresión inconfiada debe hacerse a una tasa de carga de 140 +/- 70 kPa/s (norma de ensayo INV E-809-07).
- El valor de la resistencia a la compresión inconfiada se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$RCI = (4 \times P) / (\pi \times d^2)$$

Donde: RCI = resistencia a la compresión inconfiada, MPa  
P = carga máxima aplicada, N  
d = diámetro de la probeta, mm

#### 454.3.3.4 Determinación de la resistencia a la tracción indirecta, RTI

- La aplicación de carga para medir la resistencia a la tracción indirecta debe hacerse a una tasa de deformación de 50.8mm/min en el eje diametral (norma de ensayo INV E-785-07).
- El valor de la resistencia a la tracción indirecta se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$RTI = (2 \times P) / (\pi \times h \times d)$$

Donde: RTI = resistencia a la tracción indirecta, MPa  
P = carga máxima aplicada, N  
h = altura promedio de la probeta, mm  
d = diámetro de la probeta, mm

- Para determinar la resistencia a la tracción indirecta sumergida, las probetas se sumergen en agua a 25°C por 24 horas. Luego se sacan y se secan superficialmente antes de ensayarlas.
- La resistencia retenida a la tracción indirecta RTR es la relación entre la resistencia sumergida y la resistencia sin sumergir, expresada como porcentaje:

$$RTR = RTI \text{ sumergida} / RTI \text{ sin sumergir} \times 100$$

#### 454.3.4 Durabilidad

La mezcla de diseño definida como fórmula de trabajo deberá ser sometida a la prueba de durabilidad (humedecimiento y secado) según la norma de ensayo INV E-807-07, en la cual deberá registrar pérdidas no superiores al 14%.

<b>SECCIÓN:</b> 454-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON CEMENTO PÓRTLAND	<b>VERSIÓN</b> 2.0	 <b>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.</b> Instituto <b>Desarrollo Urbano</b>
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

#### 454.3.5 Ensayos complementarios

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 454.4, ejecutados sobre muestras preparadas con el contenido óptimo de cemento y a la densidad de referencia, como complemento del diseño de la mezcla.

**Tabla 454.4**  
**Ensayos complementarios sugeridos para mezclas para capas de reciclaje con cemento Pórtland**

Propiedad	Número Mínimo de Probetas		
	T0-T1	T2-T3	T4-T5
Resistencia a la Compresión Inconfinada a los 28 días	2	3	3
Resistencia a la Tracción Indirecta a los 7 días, sin sumergir	2	NA	NA
Resistencia a la Tracción Indirecta a los 7 días, con inmersión	2	NA	NA
Resistencia a la Tracción Indirecta a los 28 días, sin sumergir	2	3	3
Resistencia a la Tracción Indirecta a los 28 días, con inmersión	2	3	3
Módulo de Rotura a los 28 días	-	2	3
Módulo Dinámico a los 28 días	-	-	2
Curva de Fatiga a los 28 días (Norma francesa de ensayo NFP 98-261-1)	-	-	4

NA = Ensayos básicos ya incluidos en la Tabla 454.3.

#### 454.4 EQUIPO

En adición a lo descrito en el numeral 107.2 de la Sección 107 del Capítulo 1, se tendrá en cuenta lo que se indica a continuación.

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

##### 454.4.2 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

<b>SECCIÓN:</b> 454-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON CEMENTO PÓRTLAND	<b>VERSIÓN</b> 2.0	
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

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 Distrital de Movilidad (SDM) y la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA).

#### **454.4.3 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.

#### **454.4.4 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, a la vista de los resultados obtenidos en la fase de experimentación, cuando ésta se realice. 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.

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.

### **454.5 REQUERIMIENTOS DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

#### **454.5.1 Fase de experimentación**

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



<b>SECCIÓN:</b> 454-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON CEMENTO PÓRTLAND	<b>VERSIÓN</b> 2.0	
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

#### 454.5.2 Remoción de obstáculos

Antes de proceder a la disgregación del pavimento, se deberán detectar y demarcar las estructuras que no hacen parte del mismo, tales como: estructuras de servicios públicos, estructuras antiguas ubicadas dentro del área de pavimento por reciclar, pozos y en general cualquier estructura de un material diferente al concreto asfáltico. La máquina recicladora no puede triturar aquellos materiales, de tal manera que en estas zonas ella levanta el rotor y no tritura o recicla en el área demarcada.

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.

#### 454.5.3 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 estructurales 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 y que sean correspondientes con el diseño de acuerdo con el tráfico. El material deberá cumplir con las especificaciones exouestas en el aparte 400.5.3., Tabla 400.6, de la Sección 400 de las presentes especificaciones.

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

#### 454.5.4 Disgregación del pavimento existente y eventual adición de agregado virgen

Empleando el equipo aprobado durante la fase de experimentación, el Constructor pulverizará la capa bituminosa existente y la mezclará con parte de la base subyacente en el espesor de diseño o el ordenado por el Interventor y, como resultado de dicho proceso, el material disgregado deberá cumplir con la gradación establecida en el aparte 454.2.1. Si no se cumple este requisito, se añadirá y mezclará la proporción requerida de agregado virgen que cumpla con los requisitos establecidos en la misma Sección.

<b>SECCIÓN:</b> 454-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON CEMENTO PÓRTLAND	<b>VERSIÓN</b> 2.0	 <b>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.</b> Instituto <b>Desarrollo Urbano</b>
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

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

#### **454.5.5 Aplicación del cemento**

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

El cemento sólo podrá extenderse en la superficie que pueda quedar terminada en la jornada de trabajo.

#### **454.5.6 Elaboración de la Mezcla**

Inmediatamente después de ser esparcido el cemento, se efectuará la mezcla, empleando el equipo aprobado, en todo el espesor establecido en los planos u ordenado por el Interventor. El número de pasadas dependerá del equipo utilizado y será el necesario para garantizar la obtención de una mezcla homogénea, según se defina en la fase previa de experimentación. En caso de que se requiera, se añadirá el agua faltante y se continuará mezclando hasta que la masa resultante presente completa homogeneidad. La humedad de la mezcla deberá ser la óptima del ensayo Proctor modificado (norma de ensayo INV E-806-07), con una tolerancia de menos uno a más 0.5 por ciento (-1 / +0.5 %).

#### **454.5.7 Extensión de la mezcla**

La extensión de la mezcla se realizará tomando las precauciones necesarias para evitar segregaciones y contaminaciones. El espesor de la capa antes de compactar deberá ser tal que, con la compactación, se obtenga el espesor previsto en los documentos del proyecto, con las tolerancias establecidas en esta Sección, teniendo en cuenta que, en ningún caso, se permitirá que se complemente el espesor en capas delgadas una vez iniciada la compactación.

<b>SECCIÓN:</b> 454-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON CEMENTO PÓRTLAND	<b>VERSIÓN</b> 2.0	 <b>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.</b> Instituto <b>Desarrollo Urbano</b>
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

Siempre que sea posible, el reciclaje con cemento Pórtland se extenderá en el ancho completo de la vía. De no ser posible, el material se extenderá por franjas longitudinales cuyo ancho será al menos el de un carril, comenzando por el borde inferior. El ancho de las franjas de extensión será tal que se realice el menor número posible de juntas y se consiga la mayor continuidad de la extensión, teniendo en cuenta el ancho de la sección, el eventual mantenimiento de la circulación vehicular y, las características de los equipos de extensión y de producción de la mezcla.

El material se extenderá con motoniveladora en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de experimentación. En todo caso, la cantidad de material extendido será tal, que el espesor de la capa compactada nunca resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se deberá colocar en varias capas, debiéndose procurar que el espesor de ellas sea aproximadamente igual; mientras se construye la capa inferior, el material de las capas superiores se retirará y acordonará al lado, según lo apruebe el Interventor. En este caso, se aplicarán para cada capa los procedimientos de ejecución y control descritos en la presente Sección; además, para garantizar la adecuada liga entre las capas, la capa inferior deberá mantenerse húmeda hasta que se coloque la capa superior.

#### **454.5.8 Prefisuración**

Cuando los documentos técnicos del proyecto así lo indiquen, se efectuará una prefisuración de la capa reciclada con cemento. La prefisuración consistirá en la ejecución de juntas transversales y longitudinales en fresco, que normalmente oscilan entre 2.5 y 3.5m. El diseñador establecerá la distancia a la cual deben realizarse las juntas. Cuando se tenga la capa estabilizada bajo una losa de concreto se recomienda que exista coincidencia entre las juntas de ésta y la prefisuración de la base estabilizada. Una vez realizada la prefisuración se recomienda un riego de emulsión asfáltica en las juntas para evitar que las paredes de la junta se vuelvan a adherir. Este es el método CRAFT. Otra posibilidad de sellado es el método OLIVIA que consiste en insertar a medida que se va realizando la junta en fresco, una cinta o lámina flexible en la misma. Cualquier otro método empleado deberá discutirse con el interventor para su aprobación. Cuando se tenga recubrimiento en carpeta asfáltica se recomienda la colocación de una base asfáltica de gradación gruesa para mitigar la reflexión de las fisuras por retracción de fraguado que se presentan en las capas estabilizadas con ligantes hidráulicos. Esta capa es estructural y el diseñador deberá presentar los espesores y recomendaciones de colocación de la misma.

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

<b>SECCIÓN:</b> 454-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON CEMENTO PÓRTLAND	<b>VERSIÓN</b> 2.0	
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

#### 454.5.9 Compactación y terminación

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

El proceso de compactación deberá ser tal, que evite la formación de una costra o capa superior delgada, débilmente adherida al resto de la capa reciclada. En caso de que ella se produzca, deberá ser eliminada hasta obtener una superficie uniforme y compacta, siempre y cuando el espesor reducido resultante cumpla con las tolerancias establecidas; si después de eliminar esa costra el espesor resultante no cumple con estas tolerancias, el tramo de capa estabilizada deberá ser removido y reconstruido.

Los trabajos de compactación deberán ser terminados en un lapso no mayor de dos (2) horas desde el inicio de la mezcla. La compactación se realizará de manera continua y sistemática. Si la extensión del material se realiza por franjas, al compactar una de ellas se ampliará la zona de compactación para que incluya, al menos, ciento cincuenta milímetros (150 mm) de la anterior, por lo que se deberá disponer en los bordes de una contención lateral adecuada.

Los cambios de dirección de los equipos de compactación se realizarán sobre mezcla ya apisonada, y los cambios de sentido se efectuarán con suavidad. Los elementos de compactación deberán estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos.

Las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitan el empleo de los equipos de mezcla y compactación aprobados durante la fase de experimentación, se compactarán con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación.

Una vez terminada la compactación, la superficie deberá mantenerse húmeda hasta que se aplique el riego de curado.

#### 454.5.10 Juntas de trabajo

Se dispondrán juntas de trabajo transversales cuando el proceso constructivo se interrumpa por más de dos horas desde iniciada la mezcla y siempre al final de cada jornada. Así mismo, si el reciclaje con cemento Pórtland no se construye en todo el ancho de la calzada sino por franjas, deberán disponerse también, mediante un procedimiento aceptable para el Interventor, juntas longitudinales en corte vertical y paralelas al eje longitudinal de la calzada.

Las juntas de trabajo se realizarán de forma que su borde quede perfectamente vertical, aplicando a dicho borde el tratamiento que ordene el Interventor; este tratamiento puede consistir en la aplicación de una lechada de cemento inmediatamente antes de construir la franja adyacente.

<b>SECCIÓN:</b> 454-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON CEMENTO PÓRTLAND	<b>VERSIÓN</b> 2.0	
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

#### **454.5.11 Curado de la capa compactada**

Una vez terminada la conformación y compactación de la capa de pavimento asfáltico reciclada con cemento Pórtland, ésta deberá protegerse contra pérdidas de humedad por un período no menor de siete (7) días, mediante la aplicación de una película bituminosa con emulsión de rotura rápida tipo CRR-1, conforme se establece en la Sección 504 de las presentes especificaciones. Desde el momento de la terminación de la capa hasta la aplicación de la película bituminosa, la superficie de la capa de reciclaje deberá mantenerse en condiciones húmedas.

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

#### **454.5.12 Restricciones de tránsito**

En general, las capas de reciclaje con cemento no deben abrirse al tránsito público; así mismo, debe restringirse al máximo el paso de vehículos de construcción sobre ellas.

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

#### **454.5.13 Limitaciones en la ejecución**

No se permitirá la realización de labores de construcción de capas de reciclaje con cemento Pórtland cuando la temperatura ambiente sea inferior a cinco grados Celsius (5°C), ni en condiciones de lluvia o cuando haya fundado temor de que ella ocurra. En caso de que la mezcla sin compactar sea afectada por agua lluvia, la mezcla se podrá compactar siempre y cuando la humedad no supere en más de 1% la humedad óptima de compactación; si esta humedad es superada, el Constructor deberá, a su costa, retirar la mezcla afectada.

#### **454.5.14 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.

<b>SECCIÓN:</b> 454-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON CEMENTO PÓRTLAND	<b>VERSIÓN</b> 2.0	
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

## 454.6 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

### 454.6.1 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 y ordenar 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.
- 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 total de cada capa, 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.

### 454.6.2 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 la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores y se efectuarán las verificaciones de calidad que indica la Tabla 454.5.

<b>SECCIÓN:</b> 454-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON CEMENTO PÓRTLAND	<b>VERSIÓN</b> 2.0	 <b>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.</b> Instituto <b>Desarrollo Urbano</b>
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

**Tabla 454.5**  
**Verificaciones periódicas sobre los agregados de adición**

Ensayo		Norma de Ensayo	Frecuencia
<b>Composición</b>			
Granulometría		INVE-213-07	1 por jornada
<b>Dureza</b>			
Desgaste Los Ángeles (Gradación A)	-En seco, 500 revoluciones	INV E-218-07	1 por mes
Micro Deval,	- Agregado Grueso	INV-E-238-07	1 por mes
10% de finos	- Seco y Húmedo	INV-E-224-07	1 por mes
<b>Durabilidad</b>			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos		INV E-220-07	1 por mes
<b>Limpieza</b>			
Límite Líquido		INV E-125-07	1 por jornada
Índice de Plasticidad		INV E-126-07	1 por jornada
Equivalente de Arena		INV E-133-07	1 por semana
Valor de Azul de Metileno		INV E-235-07	1 por semana
Terrones de arcilla y partículas deleznable		INV E-211-07	1 por semana
Partículas Fracturadas Mecánicamente		INVE-227-07	1 por jornada
Índice de Aplanamiento		INV E-230-07	1 por semana
Índice de Aplanamiento		INV E-230-07	1 por semana
Angularidad del Agregado Fino		INV E-239-07	1 por jornada
<b>Características Químicas</b>			
Contenido Sulfatos – SO4=		INV E-233-07	1 vez al mes
Reactividad (SiO2 y R)		INV E-234-07	1 vez al mes
<b>Compactación</b>			
Relaciones de Peso Unitario – Humedad,		numeral 454.3.3.1	1 por mes

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.

#### **454.6.3 Control del Cemento**

Cada vez que lo considere necesario, el Interventor efectuará u ordenará la ejecución de los ensayos de control que permitan verificar la calidad del cemento.

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



<b>SECCIÓN:</b> 454-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON CEMENTO PÓRTLAND	<b>VERSIÓN</b> 2.0	
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

#### 454.6.4 Control del agua

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

#### 454.6.5 Control de calidad de la mezcla

##### 454.6.5.1 Homogeneidad

Se controlará el aspecto de la mezcla, rechazándose todas las mezclas segregadas y heterogéneas.

##### 454.6.5.2 Humedad

La humedad se controlará al menos 4 veces por lote y no menos de 2 veces al día; se deberá tener información sobre la humedad al menos por cada 50 metros de carril en construcción.

##### 454.6.5.3 Resistencia

Se comprobará la resistencia y otras propiedades mecánicas o de durabilidad de la mezcla, cuando éstas últimas apliquen, tomando muestras "in-situ" de la mezcla lista para compactar, una vez finalizado el proceso disgregación, mezcla y extensión. Las muestras se compactarán a la densidad de referencia correspondiente a la fórmula de trabajo.

Para efectos de aceptación o rechazo de la mezcla, se verificarán los resultados obtenidos de las pruebas de resistencia a la compresión inconfina y a la tracción indirecta a los 7 días, ésta última cuando aplique. Los pliegos de condiciones podrán incluir otras pruebas mecánicas o de durabilidad como criterios de aceptación o rechazo.

Si el Pliego de Condiciones lo permite, el Constructor podrá comprobar la resistencia de lote rechazado por medio de núcleos, según las indicaciones del numeral 454.6.5.3.3.

La resistencia a la compresión y a la tracción indirecta se determinarán según las indicaciones del numeral 454.3.3. La frecuencia mínima de muestreo deberá cumplir con las indicaciones dadas en la Tabla 454.6.



<b>SECCIÓN:</b> 454-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON CEMENTO PÓRTLAND	<b>VERSIÓN</b> 2.0	 <b>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.</b> Instituto Desarrollo Urbano
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

**Tabla 454.6**  
**Muestreo para verificación de la resistencia en las mezclas para capas de reciclaje con cemento Pórtland**

PROPIEDAD	MUESTRAS / PROBETAS	Número Mínimo de muestras por lote		
		T0-T1	T2-T3	T4-T5
Resistencia a la Compresión Inconfinada a los 7 días	Frecuencia muestreo	2	2	2
	Número mínimo de muestras en el proyecto	2	3	5
	Número de probetas por muestra	2	2	3
Resistencia a la Tracción Indirecta a los 7 días, sin sumergir	Frecuencia muestreo	-	2	2
	Número mínimo de muestras en el proyecto	-	3	5
	Número de probetas por muestra	-	2	3
Resistencia a la Tracción Indirecta a los 7 días, con inmersión	Frecuencia muestreo	-	2	2
	Número mínimo de muestras en el proyecto	-	3	5
	Número de probetas por muestra	-	2	3

Los resultados obtenidos en las pruebas de resistencia serán aceptables si se cumplen los siguientes requisitos:

#### 454.6.5.3.1 Resistencia mínima a la compresión inconfinada, a los 7 días

La resistencia promedio de todas las probetas correspondientes a un lote ( $R_m$ ) deber ser igual o superior al porcentaje de la resistencia mínima de diseño ( $R_{d\_min}$ ) definido en la Tabla 454.7.

**Tabla 454.7**  
**Resistencia promedio a la compresión a los 7 días**

Tránsito	T0-T1	T2-T3	T4-T5
Porcentaje de la Resistencia Mínima de Diseño $R_{d\_min}$	92	94	96

La resistencia de cada probeta ( $R_i$ ) deber ser igual o mayor al noventa por ciento (90%) del valor medio, ( $R_m$ ), admitiéndose, sólo un valor individual por debajo de ese límite, siempre y cuando el valor promedio de la muestra a la cual pertenece dicha probeta no sea inferior al noventa y tres por ciento (93%) del valor medio del lote ( $R_m$ ):

$$R_i \geq 0.9 R_m$$

Si cualquiera de estos requisitos se incumple, se rechazará el lote al cual representan las muestras.

<b>SECCIÓN:</b> 454-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON CEMENTO PÓRTLAND	<b>VERSIÓN</b> 2.0	 <b>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.</b> Instituto <b>Desarrollo Urbano</b>
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

#### 454.6.5.3.2 Resistencia mínima a la tracción indirecta, a los 7 días (para las categorías de tránsito que aplique)

La resistencia promedio sin sumergir de todas las probetas correspondientes a un lote ( $R_m$ ) deber ser igual o superior al porcentaje de la resistencia de diseño definido en la Tabla 454.8.

**Tabla 454.8**  
**Resistencia promedio a la tracción indirecta a los 7 días, sin sumergir**

Tránsito	T0-T1	T2-T3	T4-T5
Porcentaje de la Resistencia de Diseño	92	94	96

La resistencia de cada probeta ( $R_i$ ) deber ser igual o mayor al noventa por ciento (90%) del valor medio, ( $R_m$ ), admitiéndose, sólo un valor individual por debajo de ese límite, siempre y cuando el valor promedio de la muestra a la cual pertenece dicha probeta no sea inferior al noventa y tres por ciento (93%) del valor medio del lote ( $R_m$ ):

$$R_i \geq 0.9 R_m$$

A partir de la fecha que fije el IDU para hacer obligatorio el cumplimiento del requisito de la resistencia conservada a la tracción indirecta a los 7 días, la resistencia promedio después de inmersión en el lote no deberá ser inferior al 75% de la resistencia promedio sin sumergir en el lote.

Si cualquiera de estos requisitos se incumple, se rechazará el lote al cual representan las muestras.

#### 454.6.5.3.3 Comprobación de la resistencia de un tramo por medio de núcleos

La evaluación de la resistencia de un lote no conforme por medio de núcleos se realizará, en caso dado, comparando los resultados de ensayos de resistencia a la compresión inconfiada y la tracción indirecta (cuando aplique) de núcleos extraídos de ese lote con los de núcleos extraídos de un lote aceptado. Este último deberá encontrarse lo más próximo posible y con unas condiciones de puesta en obra similares a las del lote no conforme.

El número de núcleos a extraer en cada uno de los lotes (aceptado y no conforme) deberá ser mínimo cuatro (4). La edad de rotura de los testigos, que será la misma para ambos lotes, será definida por el Interventor, pero no será superior a 28 días. Los núcleos deberán tener 15cm de diámetro.

Si los valores de resistencia promedio (compresión inconfiada y tracción indirecta, cuando aplique) obtenidos de los núcleos del lote aceptado no superan el 90% de los correspondientes valores de resistencia promedio a los 7 días obtenidos de las probetas de control elaboradas para ese lote, el procedimiento de comprobación por medio de núcleos no será válido y el lote no conforme que se pretendía verificar será rechazado.

<b>SECCIÓN:</b> 454-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON CEMENTO PÓRTLAND	<b>VERSIÓN</b> 2.0	 <b>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.</b> Instituto <b>Desarrollo Urbano</b>
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

El lote no conforme será aceptado si la resistencia media de los núcleos del lote no conforme es igual o superior al noventa y ocho por ciento (98%) de la resistencia media de los núcleos extraídos del lote aceptado, tanto para la compresión inconfiada como para la tracción indirecta, cuando aplique.

#### 454.6.5.3.4 Resistencia máxima promedio a la compresión inconfiada

La resistencia promedio de las probetas correspondientes a un lote ( $R_m$ ) no debe superar a la resistencia a la compresión inconfiada a los 7 días máxima de diseño ( $R_{d\_max}$ ) en más de un 10% de ésta última; si la resistencia media del lote fuera superior a la máxima en más de un 10%, deberán tomarse las medidas de control de fisuras que se indiquen en los documentos técnicos del proyecto, para controlar el reflejo de fisuras en las capas superiores.

El tipo de medidas por tomar dependerá del tipo de pavimento y de la posición de la capa dentro del mismo. Si los documentos técnicos del proyecto no indican otra cosa, deberán ejecutarse juntas de contracción por aserrado a una distancia no superior a la indicada en el numeral 454.5.8 y de forma que no queden a menos de dos metros y medio (2,5 m) de grietas de retracción que se hayan podido formar.

#### 454.6.5.3.5 Ensayos Complementarios

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 454.9, ejecutados sobre muestras seleccionadas por el Interventor y compactadas a la densidad de referencia correspondiente a la fórmula de trabajo.

**Tabla 454.9**  
**Ensayos complementarios sugeridos para capas de reciclaje con cemento Pórtland**

Propiedad	Número Mínimo de Ensayos		
	T0-T1	T2-T3	T4-T5
Resistencia a la Compresión Inconfiada a los 28 días	2 (2)	3 (3)	4 (3)
Resistencia a la Tracción Indirecta a los 7 días, sin sumergir	2 (2)	NA	NA
Resistencia a la Tracción Indirecta a los 7 días, con inmersión	2 (2)	NA	NA
Resistencia a la Tracción Indirecta a los 28 días, sin sumergir	1 (2)	2 (3)	4 (3)
Resistencia a la Tracción Indirecta a los 28 días, con inmersión	1 (2)	2 (3)	4 (3)
Módulo de Rotura a los 28 días	-	1 (2)	2 (3)
Módulo Dinámico a los 28 días	-	1 (1)	2 (2)
Curva de Fatiga a los 28 días según norma francesa (NFP 98-261-1)	-	-	2 (4)

*Nota: los valores entre paréntesis indican el número de probetas por ensayo.  
NA = Ensayos básicos ya incluidos*

<b>SECCIÓN:</b> 454-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON CEMENTO PÓRTLAND	<b>VERSIÓN</b> 2.0	
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

#### 454.6.6 Control de calidad del producto terminado

Para el control de la calidad tanto en la producción como en el producto terminado de reciclaje en el sitio de pavimento asfáltico con cemento, 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 capa de reciclaje con cemento compactada.
- Un mil setecientos cincuenta metros cuadrados (1750 m<sup>2</sup>) de capa de reciclaje con cemento compactada.
- 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 de proyecto y el borde de la capa no podrá ser inferior a la señalada en los planos o la definida por el Interventor; se verificará, además, que la cota de cualquier punto de la capa conformada y compactada, no varíe en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

##### 454.6.6.1 Compactación

Para el control de la calidad tanto en la producción como en el producto terminado de las capas granulares estabilizadas con cemento, 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 capa estabilizada con cemento compactada.
- Un mil setecientos cincuenta metros cuadrados (1750 m<sup>2</sup>) de capa estabilizada con cemento compactada.
- 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 de proyecto y el borde de la capa no podrá ser inferior a la señalada en los planos o la definida por el Interventor; se verificará, además, que la cota de cualquier punto de la capa conformada y compactada, no varíe en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Los sitios para la determinación de la densidad de la capa se elegirán al azar, según la norma de ensayo INV E-730-07 "Selección al azar de sitios para la toma de muestras", pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro. Se deberán efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote. Para el control de la compactación de una capa de base estabilizada con cemento, la densidad promedio de la muestra que

<b>SECCIÓN:</b> 454-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON CEMENTO PÓRTLAND	<b>VERSIÓN</b> 2.0	 <b>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.</b> Instituto <b>Desarrollo Urbano</b>
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

representa al lote ( $D_m$ ), se deberá comparar con la máxima ( $D_e$ ), obtenida sobre una muestra representativa del mismo material

Si  $D_m - (kxs) \geq 0,98xD_e$  Se acepta el lote

Si  $D_m - (kxs) < 0,98xD_e$  Se rechaza el lote

Siendo

$D_m$  Valor promedio de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno que integran la muestra que representa al lote.

$$D_m = \frac{\sum D_i}{n}$$

$D_i$  Resultado de un ensayo

$n$  Número de ensayos de densidad en el terreno que integran la muestra.

$s$ : Desviación estándar

$k$  Factor que establece el límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad de 90%, se encuentra la densidad en el terreno del lote. Este factor depende del número de ensayos ( $n$ ) que integran la muestra y su valor se indica en la Tabla 454.10.

**Tabla 454.10**  
**Valores del factor k**

<b>n</b>	5	6	7	8	9	10
<b>k</b>	0,685	0,602	0,544	0,500	0,465	0,437

$$D_m = \frac{\sum(D_i - D_m)^2}{n - 1}$$

$D_e$  Valor máximo de la densidad, obtenido según la norma de ensayo INV E-806-07 "Relaciones humedad-masa unitaria de mezclas de suelo-cemento", realizado durante el diseño de la mezcla

La densidad de la capa compactada podrá ser determinada por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161-07, INV E-162-07 y INV E-164-07, que permita hacer la corrección por presencia de partículas gruesas, si el material lo requiere.

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

<b>SECCIÓN:</b> 454-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON CEMENTO PÓRTLAND	<b>VERSIÓN</b> 2.0	 <b>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.</b> Instituto <b>Desarrollo Urbano</b>
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

Si el lote es rechazado, el Constructor deberá levantar la capa mediante fresado y reponerla, a costa y cargo suyo, a satisfacción plena del Interventor. El material fresado será de propiedad del Constructor.

#### 454.6.6.2 Espesor

El espesor se medirá en los sitios escogidos para el control de la compactación

El espesor medio de la capa compactada (em) no podrá ser inferior al de diseño (ed):

$$em \geq ed$$

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (ei) 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 y cuando ese valor no sea inferior al ochenta y cinco (85%) del espesor de diseño (ed):

$$ei \geq 0.9 ed$$

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

#### 454.6.6.3 Lisura

La uniformidad de la superficie de la obra ejecutada, se comprobará con una regla de tres metros (3 m) de longitud, colocada tanto paralela como normalmente al eje de la vía, no admitiéndose variaciones superiores a quince milímetros (15 mm) para cualquier punto que no esté afectado por un cambio de pendiente según el proyecto geométrico.

Todas las áreas del pavimento reciclado en frío 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 plena satisfacción de éste.

#### 454.7 MEDIDA

La unidad de medida de la capa de material reciclado con cemento Pórtland será el metro cúbico (m<sup>3</sup>), 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 se determinará multiplicando la longitud real construida, medida a lo largo del eje del proyecto, por el ancho y espesor mostrados en

<b>SECCIÓN:</b> 454-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON CEMENTO PÓRTLAND	<b>VERSIÓN</b> 2.0	 <b>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.</b> Instituto <b>Desarrollo Urbano</b>
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

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.

#### 454.8 FORMA DE PAGO

El pago se hará por metro cúbico de capa reciclada con cemento Pórtland 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, incluido el cemento y los aditivos (si se requieren) 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 cemento Pórtland 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; los costos del riego de curado y todo costo adicional en el cual se incurra para la realización completa y a satisfacción de los trabajos descritos en la presente Sección.

#### 454.9 ÍTEM DE PAGO

454.9.1 Pavimento asfáltico reciclado en el lugar con cemento Pórtland Metro cúbico (m<sup>3</sup>)

##### **454.E Ensayos especiales para capas de reciclaje estabilizado con cemento Pórtland**

454.E.1 Módulo de rotura Unidad  
 454.E.2 Módulo dinámico (3 frecuencias) Unidad  
 454.E.3 Curva de Fatiga (4 puntos) Unidad