

LIBRO: MMP. MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES

PARTE: 4. MATERIALES PARA PAVIMENTOS

TÍTULO: 05. Materiales Asfálticos, Aditivos y Mezclas

CAPÍTULO: 066. Método de Diseño para Mezclas con Material Pétreo Recuperado y Cemento Asfáltico Espumado

A. CONTENIDO

Este Manual contiene el procedimiento de diseño de mezclas con material pétreo recuperado y cemento asfáltico espumado que se utilicen en bases para pavimentos, a que se refiere la Norma N·CMT·4·05·008, *Mezclas con Material Pétreo Recuperado y Cemento Asfáltico Espumado para Bases*.

B. OBJETIVO

Establecer las proporciones del material pétreo recuperado, del material pétreo nuevo, del *filler* activo y del cemento asfáltico espumado en la elaboración de la mezcla con material pétreo recuperado y cemento asfáltico espumado, a fin de lograr que cumpla con los requisitos establecidos en la Norma N·CMT·4·05·008, *Mezclas con Material Pétreo Recuperado y Cemento Asfáltico Espumado para Bases*.

C. REFERENCIAS

Este Manual se complementa con las siguientes:

NORMAS Y MANUALES	DESIGNACIÓN
Calidad del Cemento Pórtland	N·CMT·2·02·001
Cal para Estabilizaciones	N·CMT·4·03·001
Materiales Pétreos Recuperados para Mezclas con Cemento Asfáltico Espumado	N·CMT·4·04·001
Calidad de Cementos Asfálticos para Mezclas Asfálticas Espumadas	N·CMT·4·05·006
Mezclas con Material Pétreo Recuperado y Cemento Asfáltico Espumado para Bases	N·CMT·4·05·008
Límites de Consistencia	M·MMP·1·07
Muestreo de Cemento Pórtland	M·MMP·2·02·001
Impurezas Orgánicas en Agregados Finos	M·MMP·2·02·026
Muestreo de Materiales para Revestimiento, Subbase y Base	M·MMP·4·01·001
Valor Soporte de California (CBR) en Laboratorio	M·MMP·4·01·007
Partículas Alargadas y Lajeadas	M·MMP·4·01·016
Muestreo de Materiales Pétreos Recuperados para Bases y Subbases	M·MMP·4·01·017
Muestreo de Cal para Estabilizaciones	M·MMP·4·02·001
Granulometría de Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas	M·MMP·4·04·002
Equivalente de Arena de Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas	M·MMP·4·04·004
Desgaste Mediante la Prueba de Los Ángeles de Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas	M·MMP·4·04·006

Muestreo de Materiales Asfálticos	M·MMP·4·05·001
Penetración en Cementos y Residuos Asfálticos	M·MMP·4·05·006
Resistencia a la Tensión Indirecta de Mezclas con Materiales Recuperados y Cemento Asfáltico Espumado	M·MMP·4·05·070
Cohesión y Ángulo de Fricción Interna en Mezclas de Material Recuperado y Cemento Asfáltico Espumado	M·MMP·4·05·071
Determinación de la Razón de Expansión y la Vida Media del Cemento Asfáltico Espumado	M·MMP·4·05·072
Determinación de la Inactividad o Actividad del Cemento Asfáltico en el Material Pétreo Recuperado	M·MMP·4·05·073
Determinación de la Cantidad de <i>Filler</i> Activo en la Mezcla de Material Recuperado y Cemento Asfáltico Espumado	M·MMP·4·05·074
Determinación del Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico Espumado en la Mezcla con Material Recuperado	M·MMP·4·05·075

D. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE LA MEZCLA

El diseño de las mezclas con material pétreo recuperado y cemento asfáltico espumado para bases de pavimentos se realiza conforme a la secuencia de actividades que se indica en la Figura 1 de este Manual.

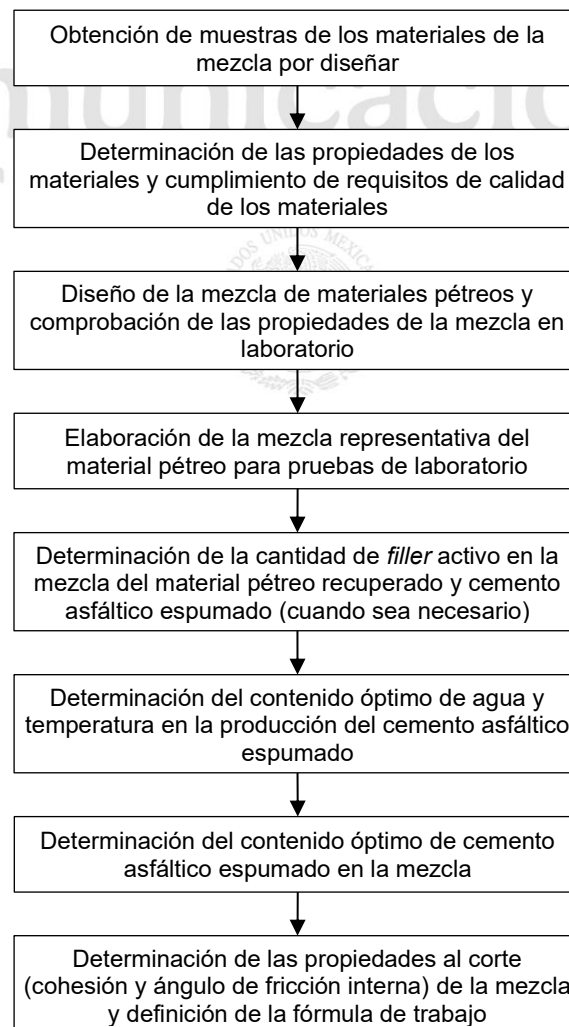


FIGURA 1.- Procedimiento para el diseño de la mezcla con material pétreo recuperado y cemento asfáltico espumado para bases de pavimentos

E. REQUISITOS PARA EL DISEÑO

Para el diseño de las mezclas con material pétreo recuperado y cemento asfáltico espumado para bases de pavimentos, se contará previamente con la siguiente información:

- Ubicación de la carretera por rehabilitar.
- Perfil de los tramos homogéneos, secciones estructurales y espesores de las capas del pavimento de la carretera por rehabilitar.
- Ubicación de bancos de materiales.
- La intensidad del tránsito esperado en términos del número de ejes equivalentes (ΣL) de 8,2 t y la vida de diseño del pavimento.

F. DISEÑO DE LA MEZCLA

F.1. OBTENCIÓN DE MUESTRAS DE MATERIALES DE LA MEZCLA

Se determinan y obtienen las cantidades de material pétreo recuperado, material pétreo nuevo, cemento asfáltico y *filler* activo (cal hidratada o cemento Pórtland) necesarios para el diseño de la mezcla, siguiendo los criterios de muestreo que se indican a continuación:

F.1.1. Materiales pétreos recuperados

F.1.1.1. El muestreo de los materiales pétreos recuperados procedentes de un pavimento existente por rehabilitar se realiza de acuerdo con lo indicado en el Manual M·MMP·4·01·017, *Muestreo de Materiales Pétreos Recuperados para Bases y Subbases*.

F.1.1.2. Se obtienen muestras representativas de los materiales pétreos recuperados de las distintas capas del pavimento por rehabilitar, de acuerdo con el proyecto de reconstrucción aprobado por la Secretaría.

F.1.1.3. El tamaño del muestreo de los materiales recuperados del pavimento por rehabilitar tomará en cuenta el volumen de material recuperado y será el necesario para determinar en el laboratorio la calidad de los materiales y realizar las mezclas que permitan integrar los materiales tal como se integrarán en la nueva capa de base por construir, estimando que se requiere cuando menos 200 kg de cada material.

F.1.2. Materiales pétreos nuevos

El muestreo de los materiales pétreos nuevos procedentes de un banco se realiza de acuerdo con lo indicado en el Manual M·MMP·4·01·001, *Muestreo de Materiales para Revestimiento, Subbase y Base*. El tamaño de la muestra será de al menos 300 kg, es decir, 200 kg para material pétreo grueso y 100 kg para material pétreo fino, mínimo, en ambos casos.

F.1.3. Cemento asfáltico

El muestreo del cemento asfáltico se realiza de acuerdo con lo indicado en el Manual M·MMP·4·05·001, *Muestreo de Materiales Asfálticos*, obteniendo una muestra de 40 L de un carrotanque o contenedor, de un lote del cemento asfáltico que sea del tipo que se probará durante el diseño, y se conservará en un recipiente cerrado para su utilización en el laboratorio.

F.1.4. Cal hidratada

El muestreo de la cal hidratada se realiza de acuerdo con lo indicado en el Manual M·MMP·4·02·001, *Muestreo de Cal para Estabilizaciones*, obteniendo una muestra con una masa mínima de 15 kg, la cual se mantendrá en un recipiente cerrado para evitar contaminaciones mientras es utilizada en el proceso de diseño.

F.1.5. Cemento Pórtland

El muestreo del cemento Pórtland ordinario (CPO) se realiza de acuerdo con lo indicado en el Manual M·MMP·2·02·001, *Muestreo de Cemento Pórtland*, obteniendo una muestra con una masa mínima de 15 kg, la cual se mantendrá en un recipiente cerrado para evitar su hidratación y contaminación.

F.2. DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE LOS MATERIALES Y CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DE CALIDAD DE LOS MATERIALES

Después de obtener las muestras de los materiales necesarios para el diseño de la mezcla con material pétreo recuperado y cemento asfáltico espumado, se determinan las siguientes propiedades y características de calidad y se comprueba que estas cumplan con los requisitos de calidad indicados a continuación:

F.2.1. Material pétreo recuperado

F.2.1.1. De las muestras de material pétreo recuperado con las proporciones en masa de cada capa obtenidas según se establece en el Inciso F.1.1. de este Manual, se determinarán las siguientes propiedades:

- Las características granulométricas de acuerdo con el procedimiento indicado en el Manual M·MMP·4·04·002, *Granulometría de Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*.
- El Valor Soporte de California (CBR) de acuerdo con el procedimiento indicado en el Manual M·MMP·4·01·007, *Valor Soporte de California (CBR) en Laboratorio*.
- El índice plástico de acuerdo con el procedimiento indicado en el Manual M·MMP·1·07, *Límites de Consistencia*.

F.2.1.2. Cuando el material pétreo recuperado provenga de una capa construida con cemento asfáltico, se determina la inactividad o actividad del cemento asfáltico envejecido de acuerdo con lo indicado en el Manual M·MMP·4·05·073, *Determinación de la Inactividad o Actividad del Cemento Asfáltico en el Material Pétreo Recuperado*.

F.2.2. Material pétreo nuevo de aporte

F.2.2.1. De las muestras de material pétreo nuevo obtenidas según se establece en el Inciso F.1.2. de este Manual, se determinarán las siguientes propiedades:

- El límite líquido de acuerdo con el procedimiento indicado en el Manual M·MMP·1·07, *Límites de Consistencia*.
- El equivalente de arena de acuerdo con el procedimiento indicado en el Manual M·MMP·4·04·004, *Equivalente de Arena de Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*.
- El Valor Soporte de California (CBR) de acuerdo con el procedimiento indicado en el Manual M·MMP·4·01·007, *Valor Soporte de California (CBR) en Laboratorio*.
- El Desgaste de Los Ángeles de acuerdo con el procedimiento indicado en el Manual M·MMP·4·04·006, *Desgaste Mediante la Prueba de Los Ángeles de Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*.
- Las partículas alargadas de acuerdo con el procedimiento indicado en el Manual M·MMP·4·01·016, *Partículas Alargadas y Lajeadas*.
- Las partículas lajeadas de acuerdo con el procedimiento indicado en el Manual M·MMP·4·01·016, *Partículas Alargadas y Lajeadas*.
- El contenido máximo de materia orgánica de acuerdo con el procedimiento indicado en el Manual M·MMP·2·02·026, *Impurezas Orgánicas en Agregados Finos*.

F.2.2.2. Una vez determinadas las propiedades indicadas en el Párrafo anterior, se integra el material de aporte al material recuperado y se comprueba que los valores obtenidos de las pruebas indicadas en ese Párrafo cumplan con lo establecido en la Norma N·CMT·4·04·001, *Materiales Pétreos Recuperados para Mezclas con Cemento Asfáltico Espumado*, en función de la intensidad del tránsito esperado durante la vida útil del pavimento.

F.2.3. Cemento asfáltico

F.2.3.1. De la muestra de cemento asfáltico obtenida según se establece en el Inciso F.1.3. de este Manual, se determina el tipo de cemento asfáltico, sus características de calidad y su valor de penetración de acuerdo con el procedimiento indicado en el Manual M·MMP·4·05·006, *Penetración en Cementos y Residuos Asfálticos*.

F.2.3.2. Una vez determinado el tipo de cemento asfáltico, sus características de calidad y el valor de penetración de este, se comprueba que el tipo de cemento asfáltico, las características de calidad de este y el valor de penetración cumplan con lo establecido en la Norma N·CMT·4·05·006, *Calidad de Cementos Asfálticos para Mezclas Asfálticas Espumadas*.

F.2.4. Cal hidratada

De la muestra de cal hidratada obtenida según se establece en el Inciso F.1.4. de este Manual, se comprueba que esta cumpla con los requisitos de calidad indicados en la Norma N·CMT·4·03·001, *Cal para Estabilizaciones*.

F.2.5. Cemento Pórtland ordinario (CPO)

De la muestra de cemento Pórtland ordinario (CPO) obtenida según se establece en el Inciso F.1.5. de este Manual, se comprueba que este cumpla con los requisitos de calidad indicados en la Norma N·CMT·2·02·001, *Calidad del Cemento Pórtland*.

F.3. DISEÑO DE LA MEZCLA DE MATERIALES PÉTREOS Y COMPROBACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA EN LABORATORIO

F.3.1. Consideraciones previas

En regiones cálidas, donde la temperatura promedio anual es superior a 20 °C, y donde se espera una carga de tránsito intensa de más de 10 millones de ejes equivalentes, es necesario considerar la influencia del cemento asfáltico envejecido en el material recuperado; si el cemento asfáltico en el material pétreo recuperado conserva su capacidad de cohesión, obtenida de pruebas de resistencia a la tensión indirecta, se considera de clase activa, en este caso, el material pétreo recuperado requerirá ser mezclado con material pétreo triturado nuevo en una cantidad de 30 ± 5 % del volumen total de la mezcla de agregados pétreos. En general, cuando se presente cemento asfáltico envejecido activo en el material pétreo recuperado, es recomendable que el contenido de material pétreo recuperado en el volumen total de la mezcla sea menor del 70 %.

F.3.2. Propuesta granulométrica preliminar

F.3.2.1. Elaboración de la curva granulométrica teórica

Previo a la integración de la muestra de prueba, se realiza en gabinete una propuesta de curva granulométrica teórica que cumpla con los límites establecidos en la Norma N·CMT·4·04·001, *Materiales Pétreos Recuperados para Mezclas con Cemento Asfáltico Espumado*, considerando distintas proporciones de los materiales pétreos disponibles que ya hayan demostrado cumplir con los requisitos de calidad.

F.3.2.2. Después de comprobar que los materiales pétreos para el diseño de la mezcla cumplen con los requisitos de calidad, se elabora una propuesta granulométrica preliminar, indicando la cantidad en masa del material pétreo recuperado de cada una de las capas del pavimento, los cuales se mezclan para integrar una muestra de prueba de al menos 15 kg.

F.3.2.3. A la muestra de prueba de la mezcla de material pétreo recuperado se le determinan las siguientes propiedades:

- Las características granulométricas siguiendo el procedimiento indicado en el Manual M·MMP·4·04·002, *Granulometría de Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*.
- El Valor Soporte de California (CBR) siguiendo el procedimiento indicado en el Manual M·MMP·4·01·007, *Valor Soporte de California (CBR) en Laboratorio*.
- El índice plástico siguiendo el procedimiento indicado en el Manual M·MMP·1·07, *Límites de Consistencia*.

F.3.2.4. Una vez determinadas las propiedades indicadas en el Párrafo anterior, se comprobará que los valores de dichas propiedades cumplan con los requisitos establecidos en la Norma N·CMT·4·04·001, *Materiales Pétreos Recuperados para Mezclas con Cemento Asfáltico Espumado*, en función de la intensidad del tránsito esperado durante la vida útil del pavimento. Además, se elabora la gráfica de la curva granulométrica de la muestra de prueba, incluyendo en dicha gráfica los límites de la zona granulométrica establecida en la Norma N·CMT·4·04·001, *Materiales Pétreos Recuperados para Mezclas con Cemento Asfáltico Espumado*.

F.3.3. Propuesta granulométrica definitiva

F.3.3.1. En caso de que la curva granulométrica de la mezcla de la propuesta preliminar no cumpla con los límites granulométricos establecidos o el Valor Soporte de California (CBR) o el índice plástico no cumplan con los requisitos establecidos en la Norma N·CMT·4·04·001, *Materiales Pétreos Recuperados para Mezclas con Cemento Asfáltico Espumado*, se realiza una nueva propuesta granulométrica en la que se obtendrá una nueva muestra de prueba que podrá incluir materiales nuevos de aporte de un banco, con el tamaño y en la proporción adecuada para que cumpla con dichos requisitos.

F.3.3.2. Se elabora una nueva propuesta granulométrica, indicando la cantidad en masa del material pétreo recuperado de cada una de las capas y la cantidad en masa y tamaño del material pétreo nuevo de aporte, los cuales se mezclan para integrar una nueva muestra de prueba de al menos 15 kg aproximadamente. A la muestra de la mezcla de material pétreo recuperado y material pétreo de aporte, se le determinan las siguientes propiedades:

- Las características granulométricas siguiendo el procedimiento indicado en el Manual M·MMP·4·04·002, *Granulometría de Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*.
- El Valor Soporte de California (CBR) siguiendo el procedimiento indicado en el Manual M·MMP·4·01·007, *Valor Soporte de California (CBR) en Laboratorio*.
- El índice plástico siguiendo el procedimiento indicado en el Manual M·MMP·1·07, *Límites de Consistencia*.

F.3.3.3. Una vez determinadas las propiedades indicadas en el Párrafo anterior, se comprueba que los valores de dichas propiedades cumplan con los requisitos establecidos en la Norma N·CMT·4·04·001, *Materiales Pétreos Recuperados para Mezclas con Cemento Asfáltico Espumado*, en función de la intensidad del tránsito esperado durante la vida útil del pavimento. Además, se elabora la gráfica de la curva granulométrica de la muestra de la mezcla de material pétreo recuperado y material pétreo nuevo de aporte, incluyendo en dicha gráfica los límites de la zona granulométrica establecida en la Norma N·CMT·4·04·001, *Materiales Pétreos Recuperados para Mezclas con Cemento Asfáltico Espumado*. En el caso de que no se cumpla con estos requisitos, será necesario realizar ajustes en las proporciones de los materiales pétreos y volver a realizar otra propuesta granulométrica.

F.4. ELABORACIÓN DE LA MEZCLA REPRESENTATIVA DEL MATERIAL PÉTREO PARA PRUEBAS DE LABORATORIO

Las particularidades respecto a la elaboración y tratamiento de los especímenes de prueba se indican por separado en cada uno de los Manuales a los que se hace referencia en este Manual.

Después de determinar las cantidades de material pétreo recuperado y de material pétreo de aporte, en su caso, se elabora la mezcla representativa del material pétreo que será utilizado en las distintas pruebas de laboratorio para el diseño de la mezcla con asfalto espumado, considerando lo siguiente:

- F.4.1.** Para cada prueba de laboratorio, durante el diseño de la mezcla se integrarán muestras de materiales pétreos con un tamaño menor de 19 mm (¾ in). Para ello, la mezcla de materiales pétreos integrados con las proporciones definidas para el cumplimiento de la calidad de la mezcla se separa en cuatro fracciones de tamaños como se indica a continuación:
 - Material retenido en la malla con abertura de 19,0 mm (¾ in).
 - Material que pasa la malla con abertura de 19,0 mm (¾ in) y se retiene en la malla con abertura de 12,5 mm (½ in).
 - Material que pasa la malla con abertura de 12,5 mm (½ in) y se retiene en la malla con abertura de 4,75 mm (malla N°4).
 - Material que pasa la malla con abertura de 4,75 mm (malla N°4).
- F.4.2.** El material retenido en la malla con abertura de 19,0 mm (¾ in) no se utilizará en el diseño de la mezcla, sino que se sustituye esta fracción con material equivalente en masa que pasa la malla con abertura de 19,0 mm (¾ in) y se retiene en la malla con abertura de 12,5 mm (½ in).
- F.4.3.** Cuando no se cuente con suficiente material, se puede triturar ligeramente el material retenido en la malla con abertura de 19,0 mm (¾ in) y se utiliza el material que pasa dicha malla y se retiene en la malla con abertura de 12,5 mm (½ in) para completar la porción de sustitución. La actividad de trituración sólo se realiza para elaborar la mezcla representativa en laboratorio, en campo no se lleva a cabo.
- F.4.4.** Una vez separado el material, se reintegran las fracciones considerando la granulometría determinada en la propuesta granulométrica definitiva para la porción que pasa la malla de 19,0 mm (¾ in) y esta muestra representativa se emplea en las distintas pruebas de laboratorio para el diseño de la mezcla. Un ejemplo del cálculo de las proporciones para integrar la granulometría para el diseño se muestra en la Tabla 1 de este Manual.

TABLA 1.- Ejemplo del cálculo de las proporciones para integrar la granulometría para el diseño

Análisis granulométrico		Cantidad de material incluido en una muestra de 15 kg		
Tamaño de malla, mm	Porcentaje que pasa [1]	Pasando 4,75 mm	Pasando 12,5 mm y retenido en 4,75 mm	Pasando 19,0 mm y retenido en 12,5 mm
19,0	90,5	$\left(\frac{53,6}{100}\right) \times 15\ 000$ = 8 040 g	$\left(\frac{72,3 - 53,6}{100}\right) \times 15\ 000$ = 2 805 g	$\left(\frac{100 - 72,3}{100}\right) \times 15\ 000$ = 4 155 g
12,5	72,3			
4,75	53,6			

[1] Del análisis granulométrico de la propuesta granulométrica definitiva.

- F.4.5.** La cantidad de material pétreo representativo requerido para ejecutar las distintas pruebas de laboratorio en el diseño de la mezcla se muestra en la Tabla 2 de este Manual.

TABLA 2.- Cantidad de material pétreo representativo requerido para la ejecución de las pruebas de laboratorio

Prueba ^[1]	Cantidad mínima de material pétreo requerido kg
Pruebas al material pétreo	20
Determinación de la cantidad de filler activo en la mezcla	75
Determinación del contenido óptimo de cemento asfáltico espumado en la mezcla	75
Determinación de propiedades al corte de la mezcla	125

[1] Las pruebas al material pétreo representativo se realizan de acuerdo con los procedimientos a los que se hace referencia en la Cláusula C. de este Manual.

F.5. DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE FILLER ACTIVO EN LA MEZCLA

El paso siguiente en el diseño de la mezcla de material pétreo recuperado y cemento asfáltico espumado para bases, consiste en evaluar el efecto de la incorporación de filler activo en la mezcla.

F.5.1. En general, cuando el índice de plasticidad del material recuperado es mayor de 10, el material se someterá a un tratamiento previo para bajar la plasticidad, para lo cual se utiliza cal hidratada como filler activo. Cuando el índice de plasticidad del material recuperado es menor de 10, se puede utilizar cemento Pórtland o cal hidratada, con el objetivo de mejorar la dispersión del cemento asfáltico y reducir la susceptibilidad a la humedad de la mezcla.

F.5.2. Cuando el índice de plasticidad del material recuperado es menor de 10, se determina la resistencia a la tensión indirecta (*ITS*) de tres mezclas de material pétreo recuperado y de material pétreo nuevo de aporte, en su caso, de acuerdo con el procedimiento descrito en el Manual M·MMP·4·05·070, *Resistencia a la Tensión Indirecta de Mezclas con Materiales Recuperados y Cemento Asfáltico Espumado*. Con el mismo contenido de cemento asfáltico espumado propuesto, se elabora una mezcla con cal hidratada, una con cemento Pórtland y una más sin filler activo. Los valores de *ITS_{SECO}* e *ITS_{SATURADO}*, determinados para cada mezcla, se utilizan como indicadores para determinar cuál es el tipo de filler adecuado, ya sea cal hidratada o cemento Pórtland. El filler que produzca un valor de *ITS_{SATURADO}* significativamente mayor indica cuál es el tipo de filler que se utilizará en la preparación de las siguientes mezclas en el proceso de diseño. Si los valores de *ITS_{SATURADO}* para ambos fillers tienen una diferencia menor del 5 %, entonces cualquier tipo de filler podrá ser utilizado.

F.5.3. La necesidad de incorporar cemento Pórtland o cal hidratada en la mezcla y, en su caso, la determinación de la cantidad necesaria de filler que requiere la mezcla de diseño, se realiza de acuerdo con el procedimiento indicado en el Manual M·MMP·4·05·074, *Determinación de la Cantidad de Filler Activo en la Mezcla de Material Recuperado y Cemento Asfáltico Espumado*.

F.6. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO ÓPTIMO DE AGUA Y TEMPERATURA EN LA PRODUCCIÓN DEL CEMENTO ASFÁLTICO ESPUMADO

Después de determinar la cantidad necesaria de cemento Pórtland o cal hidratada en la mezcla de material pétreo recuperado y cemento asfáltico espumado, se determina el contenido óptimo de agua y temperatura en la producción del cemento asfáltico espumado siguiendo el procedimiento indicado en el Manual M·MMP·4·05·072, *Determinación de la Razón de Expansión y la Vida Media del Cemento Asfáltico Espumado*, y se comprueba que las características de razón de expansión y vida media del cemento asfáltico espumado cumplan con los valores establecidos en la Norma N·CMT·4·05·006, *Calidad de Cementos Asfálticos para Mezclas Asfálticas Espumadas*.

F.7. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO ESPUMADO EN LA MEZCLA

Después de comprobar que el cemento asfáltico espumado producido cumple con los valores de razón de expansión y vida media establecidos, se determina el contenido óptimo de cemento asfáltico espumado en la mezcla de diseño siguiendo el procedimiento indicado en el Manual M·MMP·4·05·075, *Determinación del Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico Espumado en la Mezcla con Material Recuperado*, y se comprueba que la mezcla de diseño con el contenido óptimo de cemento asfáltico espumado, en especímenes secos y saturados de 150 mm de diámetro, cumpla con los valores de resistencia a la tensión indirecta indicados en la Norma N·CMT·4·05·008, *Mezclas con Material Pétreo Recuperado y Cemento Asfáltico Espumado para Bases*, de acuerdo con la intensidad del tránsito esperado en términos del número de ejes (ΣL) equivalentes de 8,2 t, acumulados durante la vida útil del pavimento.

F.8. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES AL CORTE DE LA MEZCLA Y DEFINICIÓN DE LA FÓRMULA DE TRABAJO

- F.8.1.** Una vez determinado el contenido óptimo de cemento asfáltico espumado en la mezcla de diseño, se elaboran especímenes de prueba de la mezcla de diseño con las cantidades determinadas de material pétreo recuperado, material pétreo nuevo, en su caso, cemento Portland o cal hidratada y cemento asfáltico espumado, y se determinan las propiedades de cohesión y ángulo de fricción interna de la mezcla de diseño, siguiendo el procedimiento indicado en el Manual M·MMP·4·05·071, *Cohesión y Ángulo de Fricción Interna en Mezclas de Material Recuperado y Cemento Asfáltico Espumado*.
- F.8.2.** Posteriormente se comprueba que la mezcla de diseño cumpla con los valores de cohesión y ángulo de fricción interna en ensaye de compresión triaxial, indicados en la Norma N·CMT·4·05·008, *Mezclas con Material Pétreo Recuperado y Cemento Asfáltico Espumado para Bases*, de acuerdo con la intensidad del tránsito esperado en términos del número de ejes (ΣL) equivalentes de 8,2 t, acumulados durante la vida útil del pavimento. En el caso de que no se cumpla con estos requisitos, será necesario realizar ajustes en las proporciones de los materiales pétreos y volver a realizar el diseño de la mezcla.
- F.8.3.** Una vez que se ha comprobado que la mezcla de material pétreo recuperado y cemento asfáltico espumado preparada con las cantidades de material pétreo recuperado, material pétreo nuevo, cemento asfáltico espumado y cemento Portland o cal hidratada en su caso, determinadas siguiendo el procedimiento de diseño indicado en este Manual, cumple con la resistencia a la tensión indirecta, cohesión y ángulo de fricción interna indicados en la Norma N·CMT·4·05·008, *Mezclas con Material Pétreo Recuperado y Cemento Asfáltico Espumado para Bases*, se define como proporcionamiento de los materiales de la mezcla, a la fórmula de trabajo para la elaboración de la mezcla en obra.

G. RESULTADOS

Se reporta como resultado del diseño de la mezcla con material pétreo recuperado y cemento asfáltico espumado para bases, un informe que contenga por lo menos:

- G.1.** Los resultados de las pruebas realizadas durante el proceso de diseño.
- G.2.** La memoria de cálculo que contenga los resultados de las pruebas realizadas a los materiales pétreos y a la mezcla, así como los cálculos realizados durante el diseño que incluyan las tablas con los valores obtenidos con este Manual o cualquier otra que haya servido de apoyo para el diseño; además de las gráficas de resistencia a la tensión indirecta, indicando claramente el rango de trabajo de los contenidos de cemento asfáltico utilizados para el diseño.
- G.3.** La conclusión del diseño con la fórmula de trabajo para la elaboración de la mezcla en obra que incluya la granulometría de diseño, el contenido óptimo de cemento asfáltico espumado y el contenido de cemento Portland o cal hidratada, en su caso.

- G.4.** De ser necesario, las observaciones o recomendaciones que sirvan para la elaboración de la mezcla con material pétreo recuperado y cemento asfáltico espumado.
- G.5.** La información que se reporte como resumen del resultado del diseño de la mezcla con material pétreo recuperado y cemento asfáltico espumado para bases, se presenta en un formato como el que se muestra en la Tabla 3 de este Manual.

TABLA 3.- Reporte de resumen de resultados del diseño de la mezcla con material pétreo recuperado y cemento asfáltico espumado para bases

RESUMEN DE RESULTADOS DEL DISEÑO DE LA MEZCLA CON MATERIAL PÉTREO RECUPERADO Y CEMENTO ASFÁLTICO ESPUMADO PARA BASE DE PAVIMENTO			
Fecha:			
Obra:			
Ubicación:			
Tramo:			
Proporcionamiento de la mezcla de material pétreo			
Material	Tipo	Tamaño nominal del material pétreo	%
Capa asfáltica recuperada 1	Carpeta asfáltica		
Capa asfáltica recuperada 2, en su caso			
Capa de base recuperada	Base hidráulica		
Material nuevo de banco 1	Grava		
Material nuevo de banco 2	Arena		
Material nuevo de banco 3, en su caso			
Cemento Pórtland, en su caso			
Cal hidratada, en su caso			
		SUMA	100
Características del cemento asfáltico			
Característica	Unidad	Valor	Aceptación o rechazo
Temperatura del cemento asfáltico para espumado	°C		150 a 180
Contenido óptimo de agua para espumado ^[1]	%		Se recomienda de 1 a 5
Razón de expansión del asfalto espumado ^[1]	Veces		
Vida media del asfalto espumado ^[1]	s		
Características de la mezcla con material pétreo y cemento asfáltico espumado ^[2]			
Característica	Unidad	Valor	Aceptación o rechazo
Contenido óptimo de cemento asfáltico espumado	%		Se recomienda ≤ 3
Índice de plasticidad, máximo			
Resistencia a la Tensión Indirecta en especímenes secos (<i>ITS_{SECO}</i>), mínimo	kPa		
Resistencia a la Tensión Indirecta en especímenes saturados (<i>ITS_{SATURADO}</i>), mínimo	kPa		
Cohesión, mínimo	kPa		
Ángulo de Fricción Interna, mínimo	°		

[1] Los requisitos de aceptación se indican en la Norma N·CMT·4·05·006, Calidad de Cementos Asfálticos para Mezclas Asfálticas Espumadas.

[2] Los requisitos de aceptación se indican en la Norma N·CMT·4·05·008, Mezclas con Material Pétreo Recuperado y Cemento Asfáltico Espumado para Bases.

H. PRECAUCIONES PARA EVITAR ERRORES

Para evitar errores durante el diseño de la mezcla, se observarán las siguientes precauciones:

- H.1. Que todos los equipos que se utilicen durante el diseño se encuentren calibrados de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- H.2. Que los materiales que se utilicen para realizar el diseño de la mezcla cumplan con los requisitos de calidad indicados en la Norma N·CMT·4·05·008, *Mezclas con Material Pétreo Recuperado y Cemento Asfáltico Espumado para Bases*, y que tengan las mismas características que los materiales con los cuales se producirá la mezcla en obra.
- H.3. Que el personal que participe durante la ejecución del diseño de la mezcla tenga la experiencia necesaria comprobable para llevar a cabo cada una de las actividades mencionadas en este Manual.

Comunicaciones

Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes



Comunicaciones

Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes



SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA
Dirección General de Servicios Técnicos
Av. Coyoacán 1895
Col. Acacias, Benito Juárez, 03240
Ciudad de México
www.gob.mx/sct



INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE
Km 12+000, Carretera Estatal No. 431
"El Colorado-Galindo", San Fandila,
Pedro Escobedo, 76703, Querétaro
<https://normas.imt.mx>
normas@imt.mx