

**LIBRO: MMP. MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES**

**PARTE: 4. MATERIALES PARA PAVIMENTOS**

**TÍTULO: 05. Materiales Asfálticos, Aditivos y Mezclas**

**CAPÍTULO: 041. Desgaste por Abrasión en Húmedo de Morteros Asfálticos**

**A. CONTENIDO**

Este Manual describe el procedimiento de prueba para determinar el desgaste por la abrasión en húmedo de los morteros asfálticos en frío a que se refiere la Norma N-CMT-4-04, *Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*.

**B. OBJETIVO DE LA PRUEBA**

El objetivo de la prueba es determinar la susceptibilidad al desgaste por efectos de la abrasión en carpetas de mortero asfáltico, sometidas a condiciones de inmersión. La prueba consiste en ensayar por abrasión en una máquina de características específicas varios especímenes de prueba de sección delgada, fabricados con materiales pétreos de granulometría previamente definida, midiendo su desgaste por la diferencia de las masas entre antes y después de haber aplicado este procedimiento.

**C. REFERENCIAS**

Este Manual se complementa con las siguientes:

NORMAS Y MANUALES	DESIGNACIÓN
Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas .....	N-CMT-4-04
Muestreo de Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas .....	M-MMP-4-04-001
Granulometría de Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas .....	M-MMP-4-04-002
Muestreo de Materiales Asfálticos .....	M-MMP-4-05-001

**D. EQUIPO Y MATERIALES**

El equipo para la ejecución de la prueba estará en condiciones de operación, calibrado, limpio y completo en todas sus partes. Todos los materiales por emplear serán de alta calidad.

**D.1. JUEGO DE MALLAS**

Fabricadas con alambre de bronce o de acero inoxidable de diversos calibres, tejidos en forma de cuadrícula, con abertura determinada conforme a lo indicado en la Tabla 1. El tejido es sostenido mediante un bastidor circular metálico, de lámina de bronce o latón, de  $206 \pm 2$  mm de diámetro interior y  $68 \pm 2$  mm de altura, sujetando la malla rígida y firmemente mediante un sistema de engargolado de metales, a una distancia de 50 mm del borde superior del bastidor.

TABLA 1.- Juegos de mallas

Malla	Abertura mm
N° 4	4,75
N° 10	2,00
N° 20	0,85
N° 40	0,425
N° 60	0,25
N° 100	0,15
N° 200	0,075

**D.2. BALANZA**

Con capacidad de 5 000 g y aproximación de 1 g.

**D.3. BATIDORA TIPO PLANETARIO (HOBART C-100)**

Acondicionada con un aditamento de 2,3 kg (5 lb) de masa y un cabezal que pueda sujetar una manguera de neopreno o de hule reforzado de características específicas. Este cabezal debe tener un movimiento libre de 3 a 5 cm de arriba hacia abajo y una velocidad de rotación de 144 rpm equivalentes a 61 vueltas tipo planetario (vueltas alrededor de un eje) por minuto. Ver Figura 1.



FIGURA 1.- Batidora tipo planetario

**D.4. CHAROLA CUADRADA DE METAL (INMERSIÓN)**

De 5 cm de altura, 33 cm por lado y 3 mm ( $\frac{1}{8}$ " ) de espesor, con perforaciones que coincidan con las puntas de bala de la batidora para que pueda sujetarse.

**D.5. VASOS CILÍNDRICOS DE ALUMINIO**

De 2 L de capacidad.

**D.6. BASE PARA LOS ESPECIMENES**

De loseta vinílica o asbesto, de 30 x 30 cm.

**D.7. CUCHARÓN DE ACERO GALVANIZADO**

De 20 cm de largo, 11 cm de ancho y 10 cm de altura, formando un paralelepípedo rectangular con sólo cuatro caras, cuya cara menor lleva acoplado un mango metálico de sección circular de 13 cm de largo.

**D.8. AGITADOR DE VARILLA METÁLICA**

De 6,2 mm ( $\frac{1}{4}$ " ) de diámetro y 20 cm de longitud.

**D.9. HORNO**

Con capacidad mayor a 20 dm<sup>3</sup>, ventilado con termostato para para mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.

**D.10. BAÑO DE AGUA**

Con temperatura controlable de 20 a 150 °C y aproximación a 1 °C.

**D.11. MOLDES O AROS DE METAL**

Con 25 cm (10") de diámetro interior y altura de 6,4 mm ( $\frac{1}{4}$ " ).

**D.12. MANGUERA DE NEOPRENO O DE HULE REFORZADO**

Tipo US Royal 330, dureza Shore "A" grado 70, con diámetro interior de 19 mm ( $\frac{3}{4}$ " ), espesor de 6,4 mm ( $\frac{1}{4}$ " ) y longitud conforme al diámetro del espécimen de prueba.

**D.13. LIMPIADOR PARA VIDRIO**

De hule, de 10 a 25 cm de longitud.

**D.14. EMULSIÓN ASFÁLTICA**

En cantidad suficiente para cubrir los requisitos de este Manual, del tipo y con las características indicadas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría, obtenido según se establece en el Manual M·MMP·4·05·001, *Muestreo de Materiales Asfálticos*.

**E. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA****E.1. DE MATERIALES PÉTREOS**

La preparación de la muestra de materiales pétreos, obtenida según se establece en el Manual M·MMP·4·04·001, *Muestreo de Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*, se hace de la siguiente manera:

- E.1.1.** Si la muestra del material, recibida en el laboratorio con su contenido de agua natural y tal como llegó del campo está saturada, debe dejarse escurrir hasta contenido de agua constante o la condición de saturado y superficialmente seco.
- E.1.2.** Logrado lo anterior se aplicarán cuarteos sucesivos hasta obtener una masa aproximada de 1 kg; en el proceso no se permitirá el ajuste de la masa mediante la inclusión o exclusión de tamaños para obtener la masa más próxima a la indicada.
- E.1.3.** Mediante alguno de los métodos descritos en el Manual M·MMP·4·04·002, *Granulometría de Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas* y considerando el arreglo de mallas indicado en la Tabla 1 de este Manual, se determina la granulometría del material.

- E.1.4.** Del material separado por tamaños se toman diferentes cantidades correspondientes a la proporción de la granulometría de proyecto o aprobada por la Secretaría, de acuerdo con lo indicado en la Norma N-CMT-4-04, *Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*, para carpetas de mortero asfáltico, Las fracciones de cada uno de los tamaños requeridos se mezclan hasta homogeneizarlas y de ahí formar 6 porciones.

## **E.2. DEL MATERIAL ASFÁLTICO**

- E.2.1.** La preparación de la muestra de material asfáltico, obtenida según se establece en el Manual M-MMP-4-05-001, *Muestreo de Materiales Asfálticos*, se hace vertiendo en un vaso de aluminio una porción de aproximadamente 200 g y sometiéndola a un ligero calentamiento para hacerla manejable, conforme a las condiciones de usos esperadas durante los trabajos de campo indicados en el proyecto o aprobados por la Secretaría.
- E.2.2.** De la masa de 200 g, se toma la cantidad requerida para cada porción de material pétreo de la siguiente manera: se vacía parte del material asfáltico en otro vaso de aluminio, previamente tarado y se pesa hasta obtener la masa establecida en el proporcionamiento del proyecto o aprobada por la Secretaría.
- E.2.3.** El agua que se utiliza para dar la consistencia necesaria al mortero se calienta en el baño de agua a la temperatura que representa la condición de aplicación del producto asfáltico en la obra, que es de aproximadamente 25 °C para el caso de morteros asfálticos simples y de 20 °C cuando se trate del estudio de morteros con la adición de cemento, cal o algún aditivo modificador de rompimiento.

## **E.3. PREPARACIÓN DE LOS ESPECIMENES DE PRUEBA**

- E.3.1.** En un vaso de aluminio que contenga el material pétreo, se agrega paulatinamente la emulsión asfáltica a cada una de las 6 porciones a que se refiere el Inciso E.1.4. de este Manual, en las proporciones indicadas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría, mezclando con el agitador de varilla durante 3 min hasta obtener una masa homogénea de mortero asfáltico, considerando que:
- Cuando así lo indique el proyecto o apruebe la Secretaría, se adicionará cemento, cal o algún aditivo modificador de rompimiento.
  - Cuando el estudio tenga como propósito determinar el contenido de material fino (*filler*) que proporcione el menor desgaste, éste debe iniciarse con 1 % de *filler* respecto a la masa del material de prueba, para posteriormente variar su contenido en 0,5 a 2,0 %.
- E.3.2.** Para cada una de las 6 porciones se vierte el mortero asfáltico en un molde en forma de aro el cual estará apoyado sobre la base de loseta vinílica o asbesto. Se enrasa el mortero con el hule limpia vidrios procurando no segregar el material pétreo de la mezcla y se retira el exceso de material desplazándolo hacia la parte externa del aro.
- E.3.3.** Se retira el aro después de reposar la mezcla durante 1 min; se considera que la mezcla es adecuada cuando al retirar dicho aro el material agua-emulsión no escurre y conserva la forma. En caso contrario, se considera inadecuada, debiéndose preparar nuevamente.

## **F. PROCEDIMIENTO DE PRUEBA**

Esta prueba requiere de verificación, por lo que se realiza por duplicado empleando en cada determinación un conjunto de muestras diferentes.

- F.1.** Se secan los especímenes de mortero asfáltico hasta obtener masa constante; este procedimiento puede realizarse conforme a lo siguiente:

**F.1.1. A temperatura ambiente**

Se expone el material a temperatura ambiente, en contacto con los rayos solares evitando la difusión artificial de la temperatura del asfalto y un posible agrietamiento.

**F.1.2. En horno de secado**

Los especímenes se terminan de secar en el horno a una temperatura de  $60 \pm 5$  °C, hasta masa constante.

- F.2.** Se determina la masa de cada espécimen junto con su base, registrándola como  $M_1$ .
- F.3.** Previamente a la prueba de abrasión, se someten los especímenes a inmersión dentro de la charola en el baño de agua, a una temperatura de 25 °C durante 1 h, verificando que el líquido los cubra ligeramente.
- F.4.** Se fija la charola cuadrada de inmersión con el espécimen y el agua en la base de la batidora sujetándola al soporte de la máquina. Se coloca el cabezal de abrasión en el eje del soporte, de manera tal que la manguera haga contacto sobre el espécimen sin ejercer mayor presión que la masa del cabezal, como se muestra en la Figura 2.

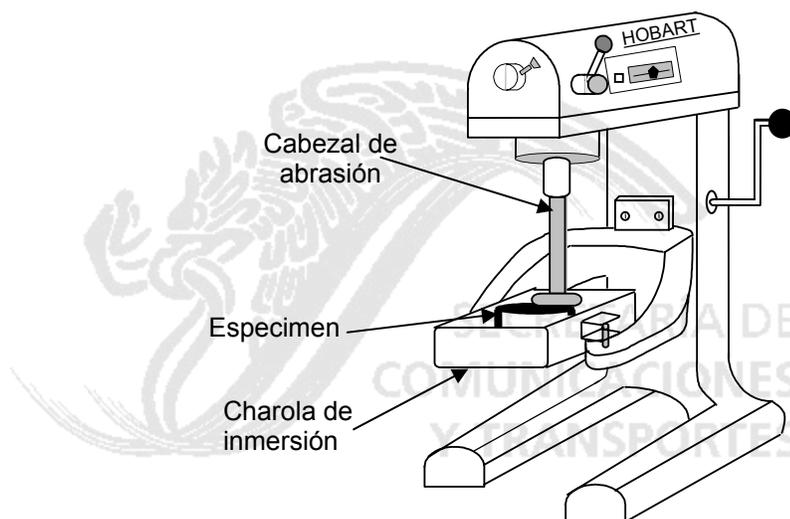


FIGURA 2.- Montaje de los especímenes en la batidora

- F.5.** Una vez dentro en la batidora, el espécimen se somete a abrasión durante un período de 5 min, (720 revoluciones), lo cual se verifica mediante el contador de tiempo o de ciclos de la batidora. Cuando no pueda disponerse de una batidora, la aplicación del desgaste se hará de forma manual con el mismo aditamento, ya sea de hule reforzado o de neopreno, debiendo verificar la cantidad de revoluciones aplicadas sobre el espécimen de prueba.

Para cada prueba de abrasión debe utilizarse una sola cara de la manguera, girándola en cada ocasión, considerando que cada manguera dispone de 4 caras útiles, como se muestra en la Figura 3.

- F.6.** Después de la prueba de abrasión, se retira el espécimen de la charola de inmersión y se lava para retirar la arena suelta producto de la abrasión, se somete la muestra a secado en el horno a una temperatura de  $60 \pm 5$  °C, hasta masa constante.
- F.7.** Finalmente, se determina la masa del espécimen junto con su base, registrándola como  $M_2$ .

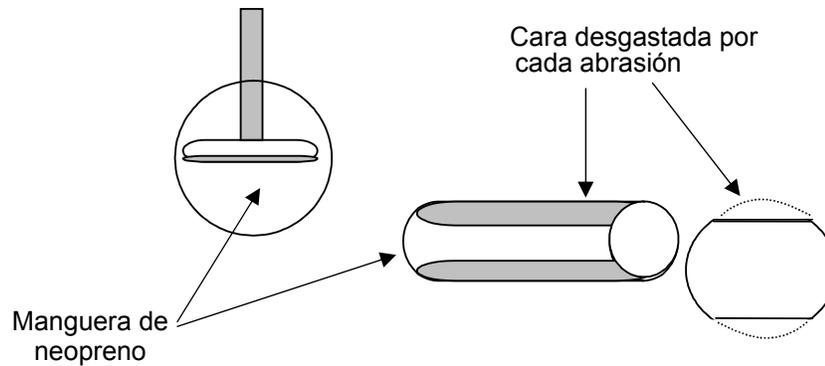


FIGURA 3.- Manguera de neopreno

## G. CÁLCULOS Y RESULTADOS

- G.1.** Se reporta como resultado de la prueba, en por ciento y con aproximación a un décimo, el desgaste del material producto de la abrasión en húmedo de cada una de los 6 especímenes y el porcentaje que representa del total de la composición de la muestra, con precisión de un décimo, considerando como representativo de la muestra el porcentaje con el valor más alto. Para determinar el porcentaje de abrasión se utiliza la siguiente expresión

$$P_a = \left( \frac{M_1 - M_2}{M_1} \right) \times 100$$

Donde:

$P_a$  = Desgaste por abrasión en húmedo, (%)

$M_1$  = Masa inicial del espécimen de prueba, (g)

$M_2$  = Masa final del espécimen de prueba, (g)

- G.2.** Si existe una variación de más del 10% en alguno de los 6 especímenes, se reporta como resultado de la prueba el promedio de la abrasión en húmedo de los 6 especímenes probados, utilizando la siguiente expresión:

$$\overline{P_a} = \frac{\sum P_a}{6}$$

Donde:

$\overline{P_a}$  = Desgaste promedio por abrasión en húmedo, (%)

$P_a$  = Desgaste por abrasión en húmedo de cada uno de los 6 especímenes, (%)

- G.3.** Además, como datos adicionales se reportarán:

- La granulometría del material de prueba.
- El porcentaje de material asfáltico utilizado.
- El contenido de emulsión, contenido de agua del material pétreo y el porcentaje de *filler*.
- La inclusión de cemento, cal o algún otro modificante y su proporción.

- G.4.** Si el valor obtenido de la prueba por abrasión en húmedo es mayor del 10 %, será necesario ajustar la granulometría, probar con porcentajes diferentes de emulsión, agregar cal o cemento o incluir un aditivo, hasta lograr una mezcla cuyo desgaste se inferior al 10 %.

## **H. PRECAUCIONES**

Para evitar errores durante la ejecución de la prueba, se observan las siguientes precauciones:

- H.1.** Que la prueba se realice en un lugar cerrado, bien ventilado, limpio y libre de corrientes de aire, de cambios de temperatura y de partículas que provoquen la contaminación de las muestras de material.
- H.2.** Que todo el equipo esté perfectamente limpio, para que al realizar la prueba, los materiales no se mezclen con agentes extraños que alteren el resultado.
- H.3.** Que la balanza esté limpia en todas sus partes, bien calibrada y colocada en una superficie horizontal, sin vibraciones que alteren las lecturas.
- H.4.** Que las muestras se sometan al número de revoluciones indicadas en este Manual, pero sin aplicarles una presión mayor a la indicada en este método durante la prueba.
- H.5.** Que la preparación de las muestras se haga con la proporción de asfalto indicada en el proyecto o aprobada por la Secretaría.
- H.6.** Que el material no escurra agua o mezcla o se segregue durante la preparación de las muestras, previa al inicio de la prueba.

