

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

**PARTE: 4. MATERIALES PARA PAVIMENTOS**

**TÍTULO: 04. Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas**

**CAPÍTULO: 002. Granulometría de Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas**

**A. CONTENIDO**

Este Manual describe el procedimiento de prueba para determinar la granulometría de los materiales pétreos a que se refiere la Norma N·CMT·4·04, *Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*, en muestras tomadas conforme al Manual M·MMP·4·04·001, *Muestreo de Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*.

**B. OBJETIVO DE LA PRUEBA**

Esta prueba permite determinar la composición por tamaños (granulometría) de las partículas del material pétreo empleado en mezclas asfálticas, mediante su paso por una serie de mallas con aberturas determinadas. El paso del material se hace primero a través de las mallas con la abertura más grande, hasta llegar a las más cerradas, de tal forma que los tamaños mayores se van reteniendo, para así poder obtener la masa que se retiene en cada malla, calcular su porcentaje respecto al total y definir la masa que pasa.

**C. REFERENCIAS**

Este Manual se complementa con la Norma N·CMT·4·04, *Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas* y el Manual M·MMP·4·04·001, *Muestreo de Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*.

**D. EQUIPO**

El equipo para la ejecución de la prueba estará en condiciones de operación, calibrado, limpio y completo en todas sus partes.

**D.1. JUEGO DE MALLAS (CRIBAS)**

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 las Tablas 1 y 2 de este Manual. El tejido estará 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. Para cribar las gravas también se podrán utilizar mallas con marco de 400 mm o más por lado, a fin de facilitar la operación.

**D.2. HORNO**

Eléctrico o de gas, con capacidad mínima de 20 dm<sup>3</sup>, ventilado, con termostato capaz de mantener una temperatura constante de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ .

**D.3. BALANZA**

Con capacidad de 2 kg y aproximación de 0,1 g.

TABLA 1.- Juegos de mallas para grava

Designación	Abertura mm
2"	50
1½"	37,5
1¼"	31,5
1"	25
¾"	19
½"	12,5
⅜"	9,5
¼"	6,3
N°4	4,75

TABLA 2.- Juegos de mallas para arena con finos

Designación	Abertura mm
N°10	2
N°20	0,85
N°40	0,425
N°60	0,25
N°100	0,15
N°200	0,075

**D.4. VASO DE ALUMINIO**

De 500 cm<sup>3</sup> de capacidad.

**D.5. AGITADOR DE VARILLA METÁLICA**

De 6,3 mm (¼") de diámetro y 20 cm de longitud.

**D.6. CUBO DE LÁMINA**

De 10 dm<sup>3</sup> de capacidad.

**D.7. MÁQUINA AGITADORA PARA LAS MALLAS**

De acción mecánica, activada por un motor eléctrico o manivela de velocidad constante, mediante el cual se transmite un movimiento excéntrico controlado a un plato de soporte, sobre el que se sujeten las mallas en orden descendente.

**D.8. CUCHARÓN**

De acero galvanizado de 20 cm de largo, 11 cm de ancho y 10 cm de altura, formando un cajón rectangular con cuatro caras, cuya cara menor tenga un mango metálico de sección circular de 13 cm de largo.

**D.9. CHAROLAS**

De lámina galvanizada, tres con forma rectangular de aproximadamente 40 × 70 × 20 cm y dos de forma circular de 206 ± 2 mm de diámetro interior y 68 ± 2 mm de altura, para acoplarse al bastidor de las mallas.

**D.10. TAPAS PARA LAS CHAROLAS**

De forma circular, que embonen perfectamente con el bastidor de las mallas.

**D.11. REGLA**

De madera, de 20 cm de ancho y 80 cm de longitud.

**D.12. BROCHA**

Con las dimensiones y cerdas adecuadas para desprender el material que se adhiera al interior del cubo de lámina y las mallas.

**D.13. PALA**

De acero, de forma cuadrada.

**D.14. HILO DE CÁÑAMO**

Resistente, de aproximadamente 40 cm de largo.

**E. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA**

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. SELECCIÓN DEL MATERIAL PARA LA PRUEBA**

- E.1.1.** Si la muestra del material envasado que se recibe en laboratorio está saturada, se extiende sobre una superficie limpia para dejar que se escurra hasta contenido de agua constante o en condición de saturado y superficialmente seco, para posteriormente disgregar de forma manual aquel material que presente grumos, teniendo la precaución de no fragmentarlo por la presión aplicada. Hecho lo anterior, se *cuartea* el material como se describe en los siguientes Incisos.
- E.1.2.** El material se apila utilizando la pala hasta formar un cono.
- E.1.3.** Desde el eje del cono y hacia la periferia se extiende el material hasta formar un cono truncado de 15 a 20 cm de altura.
- E.1.4.** Con ayuda de la regla se divide el cono truncado en cuatro partes iguales, de las cuales se toman dos cuartos opuestos para llenar el cubo de lámina previamente limpiado, dejando caer el material en su interior desde una altura de 20 cm. Una vez lleno el cubo se enrasa con el hilo de cáñamo.
- E.1.5.** En caso de exceder el volumen requerido para llenar el cubo, se procede a reducir la cantidad de material mediante cuarteos sucesivos.

**E.2. OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS DE PRUEBA**

Para realizar la prueba, de la muestra contenida en el cubo de 10 dm<sup>3</sup> se separa la grava de la arena con finos, conforme al siguiente procedimiento:

- E.2.1.** Se vacía poco a poco y cuidadosamente el material sobre la malla N°4 (4,75 mm), sin sobrepasar la capacidad de la malla y recolectando el material que pasa en una charola. Utilizando la brocha, se retiran todas las partículas que se hubieran adherido a las paredes y al fondo del cubo metálico y a la malla para hacerlas pasar también por dicha malla a fin de no perder ninguna porción del material. Finalmente, se coloca la porción de material retenido en la malla N°4 en otra charola.
- E.2.2.** Se vierte en la balanza la porción que pasa la malla N°4 y se determina su masa, lo que representa la fracción de arena con finos de la muestra, registrándola como  $W_{SF}$ , en g. De la misma forma se obtiene la masa del material retenido en dicha malla, lo que representa la grava, registrándola como  $W_G$ .

**E.2.3.** Posteriormente, cada fracción de la muestra se trata de forma distinta, de acuerdo con lo siguiente:

**E.2.3.1. Para la grava**

Se seca en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  hasta masa constante, registrándola como  $W_{MG}$ , en g.

**E.2.3.2. Para la arena con finos**

- a) Se seca al horno a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  hasta masa constante, registrándola como  $W_{MSF}$ , en g.
- b) Del material seco se separan aproximadamente 500 g, los cuales se reducen por cuarteos, siguiendo el procedimiento indicado en los Incisos E.1.2. a E.1.4. de este Manual, hasta obtener una masa de 200 g. Este material se coloca en el vaso metálico donde se le agregan  $500 \text{ cm}^3$  de agua, dejándolo reposar por un tiempo de 12 h.
- c) Hecho lo anterior, se lava el material decantando el vaso, para lo cual se agita su contenido en forma de “ochos” utilizando la varilla metálica, a la vez que se vierte sobre la malla N°200 (0,075 mm). Para facilitar el paso y eliminación de los finos, se aplica un chorro de agua con baja presión sobre el contenido de la malla, repitiendo esta operación hasta que el agua salga limpia.
- d) Finalmente se regresa el material retenido en la malla N°200 al vaso metálico y se seca en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  hasta masa constante, la cual se registra como  $W_F$ , en g.

**F. PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA**

**F.1. PREPARACIÓN DE LAS MALLAS**

Conforme a lo establecido en la Norma N-CMT-4-04, *Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas* y dependiendo del tipo de mezcla asfáltica donde se emplearán los materiales pétreos, se determina cuales son las mallas por usar durante el cribado. Dichas mallas se preparan en dos juegos, el primero para la grava y el segundo para la arena, ensamblándolas en orden descendente de aberturas de acuerdo con lo indicado en las Tablas 1 y 2 de este Manual, terminando en el fondo con la charola receptora.

**F.2. CRIBADO**

Con las muestras preparadas de acuerdo con lo indicado en los Párrafos E.2.3.1. y E.2.3.2. y teniendo listos los dos juegos de mallas conforme a lo establecido en la Fracción anterior, se procede a depositar sobre la malla superior (malla de mayor abertura) la fracción de grava o arena, según su caso, colocando finalmente la tapa. Para efectuar el cribado de la arena se empleará el material que se obtuvo de la fracción de 200 g que se lavó a través de la malla N°200. A continuación se inicia el cribado del material mediante la agitación de las mallas, mediante alguno de los siguientes métodos:

**F.2.1. Agitación con equipo mecánico**

- F.2.1.1.** Se colocan las mallas debidamente sujetadas en el agitador mecánico, haciéndolo funcionar durante un tiempo suficiente, determinado por experiencia o por comprobación, de tal forma que se cumpla con lo indicado en la Fracción F.3. de este Manual.
- F.2.1.2.** Finalmente se determina y registra la masa retenida en cada malla vertiendo su contenido en la balanza, considerando que las partículas que hayan quedado

atoradas en cada retícula forman parte del material retenido de la malla correspondiente, por lo que se reintegrará este material cepillando las mallas por el revés.

### **F.2.2. Agitación de forma manual**

**F.2.2.1.** Se toma con ambas manos el conjunto de mallas, desde la charola de fondo y se procede a balancearlo de un lado a otro sobre una superficie rígida, haciendo este movimiento uniforme de tal modo que la agitación sea continua. El tiempo de cribado será el suficiente, determinado por experiencia o por comprobación de tal forma que se cumpla con lo indicado en la Fracción F.3. de este Manual.

**F.2.2.2.** Finalmente se determina y registra la masa retenida en cada malla vertiendo su contenido en la balanza, considerando que las partículas que hayan quedado atoradas en cada retícula forman parte del material retenido de la malla correspondiente, por lo que se reintegrará este material cepillando las mallas por el revés.

### **F.2.3. Agitación de forma manual para muestras compuestas principalmente por grava**

Para el caso particular de gravas de tamaño nominal entre 31,5 mm a 50 mm (1¼" a 2") y de difícil manejo, se requerirían juegos de mallas y agitador de tamaño adecuado, los cuales no siempre están disponibles, por lo que se permitirá el empleo del método descrito a continuación:

**F.2.3.1.** Se trabaja individualmente cada malla usando tres charolas rectangulares, procediendo de la siguiente forma:

- a) Se coloca en la primera charola la muestra seca, a la que previamente se le ha determinado su masa.
- b) Dentro de la segunda charola se pone la malla de mayor tamaño y con el cucharón se colocan porciones de la muestra, en cantidad tal que no cubran la malla con más de una capa de partículas. Se agita la malla con ambas manos y se verifica que todas las partículas tengan movimiento sobre ésta.
- c) Cuando ya no pase material, el retenido en la malla se coloca en la tercera charola, continuando con la siguiente porción de la misma manera, haciéndolo consecutivamente hasta cribar toda la muestra.
- d) Se determina en la balanza y se registra, la masa retenida en la malla, con lo que se libera la tercera charola, que pasa a ser la segunda para el siguiente proceso, con la malla subsecuente.

**F.2.3.2.** Sucesivamente se aplica el mismo procedimiento con las mallas siguientes, depositando el material que pasa en la segunda charola y el retenido en la tercera, concluyendo al llegar a la malla N°4 donde se determina y registra la masa del material que pasó esta última malla.

### **F.3. VERIFICACIÓN DE LA PRUEBA**

Para comprobar que el cribado se haya ejecutado en forma correcta, debe observarse para cada malla, que durante un minuto extra de cribado continuo no pase más del 1% de la masa del material retenido. Esto se hace de la siguiente manera:

**F.3.1.** Una vez separadas las mallas se manejan en forma individual, colocándoles sucesivamente una charola y una tapa bien ajustadas en cada uno de sus extremos.

- F.3.2.** Se coloca la malla en turno con su tapa y charola en posición ligeramente inclinada sobre una superficie rígida, se balancea con rapidez de un lado a otro, dando un ligero golpe con la mano aproximadamente a cada sexto de vuelta hasta completar 25 golpes.
- F.3.3.** Para la determinación de la eficiencia del cribado de tamaños mayores a la malla N°4, se limitará la cantidad de material sobre cada malla, de tal forma que sólo se permita colocar una capa de partículas cada vez, aunque esto implique efectuar la comprobación por partes hasta agotar todo el material de cada malla.
- F.3.4.** En el caso de que pase más del 1% a través de cualquier malla, se repetirá la prueba, considerando que si dicha malla forma parte del arreglo empleado para la arena sólo se repetirá el cribado de esa parte, aplicando el mismo criterio en el caso de la grava.

## G. CÁLCULOS Y RESULTADOS

- G.1.** Se calculan y reportan los porcentajes respecto a la masa de la muestra original, correspondientes al material retenido en la malla N°4 y al material que pasa dicha malla, utilizando las siguientes fórmulas:

$$\%SF = \frac{W_{MSF}}{W_{MO}} \times 100$$

$$\%G = \frac{W_{MG}}{W_{MO}} \times 100$$

Donde:

$\%SF$  = Por ciento de arena con finos respecto a la masa de la muestra original, (%)

$\%G$  = Por ciento de grava respecto a la masa de la muestra original, (%)

$W_{MO}$  = Masa de la muestra original seca, (g), determinada como:

$$W_{MO} = W_{MSF} + W_{MG}$$

$W_{MSF}$  = Masa del material seco que pasa la malla N°4 (arena con finos), (g)

$W_{MG}$  = Masa del material seco retenido en la malla N°4 (grava), (g)

- G.2.** Para la grava, se calculan y reportan los porcentajes del material retenido en cada malla así como el que pasó por la última malla, respecto a la masa total de la muestra, mediante la siguiente expresión:

$$\%G_N = \frac{W_N}{W_{MG}} \times \%G$$

Donde:

$\%G_N$  = Por ciento de material retenido en la malla  $N$  respecto a la masa de la muestra original, (%)

$W_N$  = Masa del material retenido en la malla  $N$ , (g)

$N$  = Malla utilizada, perteneciente al arreglo de mallas empleado para determinar la granulometría de la fracción de grava

$W_{MG}$  y  $\%G$  tienen el significado indicado en la Fracción anterior

- G.3.** Para la arena, se calculan y reportan los porcentajes del material retenido en cada malla, respecto a la masa total de la muestra, mediante la siguiente expresión:

$$\%S_N = \frac{W_N}{200} \times \%SF$$

Donde:

$\%S_N$  = Por ciento de material retenido en la malla  $N$  respecto a la masa de la muestra original, (%)

$W_N$  = Masa del material retenido en la malla  $N$ , (g)

$N$  = Malla utilizada, perteneciente al arreglo de mallas empleado para determinar la granulometría de la arena

$\%SF$  tiene el significado indicado en la Fracción G.1. El número 200 representa la masa de material que se tomó de la arena seca con finos para determinar su granulometría, de acuerdo con lo indicado en el Punto b) del Párrafo E.2.3.2. de este Manual.

- G.4.** Se calcula y reporta el porcentaje de arena y de finos que pasan la malla N°200, respecto a la masa total de la muestra, mediante las siguientes expresiones:

$$\%S = \frac{\sum W_N}{200} \times \%SF$$

$$\%F = (200 - \sum W_N) \times \%SF$$

Donde:

$\%S$  = Por ciento de arena respecto a la masa de la muestra original, (%)

$\%F$  = Por ciento de finos respecto a la masa de la muestra original, (%)

$\sum W_N$  = Sumatoria de las masas retenidas en cada una de las mallas empleadas durante la prueba para la fracción de arena, calculadas conforme a lo establecido en la Fracción anterior, (g)

$\%SF$  tiene el significado indicado en la Fracción G.1. El número 200 representa la masa de material que se tomó de la arena seca con finos para determinar su granulometría, de acuerdo con lo indicado en el Punto b) del Párrafo E.2.3.2. de este Manual.

- G.5.** Una vez efectuados los cálculos indicados en esta Cláusula, se grafica y reporta el porcentaje retenido acumulado de cada malla, el cual se determina sumando el porcentaje retenido parcial de cada malla más el porcentaje retenido acumulado obtenido en la malla anterior y así sucesivamente, comenzando con la cantidad de finos hasta llegar a la malla de mayor abertura, sumando el 100% del material.

## H. PRECAUCIONES PARA EVITAR ERRORES

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

- H.1.** Realizar la prueba en un lugar cerrado, con ventilación indirecta, limpio y libre de corrientes de aire que puedan provocar la pérdida de partículas de las muestras de prueba.
- H.2.** Cuidar que las muestras estén perfectamente secas al momento de efectuar su cribado.
- H.3.** Que todo el equipo esté perfectamente limpio y funcional. Especialmente las mallas estarán limpias y sin indicios de falla, es decir, que los hilos presenten aberturas uniformes y no estén dañados ni rotos.
- H.4.** Verificar que la balanza esté limpia en todas sus partes y bien calibrada, colocada en una superficie horizontal, sin vibraciones que alteren las lecturas.