

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

**PARTE:** **4. MATERIALES PARA PAVIMENTOS**

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

**CAPÍTULO:** 003. Densidad Relativa de Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas

**A. CONTENIDO**

Este Manual describe el procedimiento de prueba para determinar la densidad relativa en condición seca, 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 densidad relativa de los materiales pétreos empleados en mezclas asfálticas con el fin de conocer la masa de sólidos por unidad de volumen de dichos sólidos sin vacíos en cada una de sus fracciones, ya sea arena con finos o grava, respecto a la densidad del agua.

La prueba para la arena con finos, una vez separada de la grava, consiste en eliminar el aire atrapado en la muestra de prueba, al estar sumergida totalmente en agua destilada en ebullición, para obtener su densidad relativa.

Para la grava, una vez separada de la arena con finos, la prueba consiste en introducir la muestra de prueba en un depósito con agua destilada, para determinar el volumen que desplaza, para después, al comparar con dicho volumen la masa seca de la muestra de prueba, obtener su masa por unidad de volumen y finalmente, compararla con la densidad del agua, para obtener su densidad relativa.

**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 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, considerando siempre la fecha de su caducidad.

**D.1. BALANZAS**

Una con capacidad de 10 kg y aproximación de 5 g y otra con capacidad de 1 kg y aproximación de 0,1 g.

**D.2. PROBETA GRADUADA**

De 250 cm<sup>3</sup> de capacidad y aproximación de 1 cm<sup>3</sup>.

**D.3. PICNÓMETRO TIPO SIFÓN**

Formado por un cilindro metálico de 163 mm de diámetro y 370 mm de altura, con un sifón colocado a 250 mm de su base, como el mostrado en la Figura 1 de este Manual.

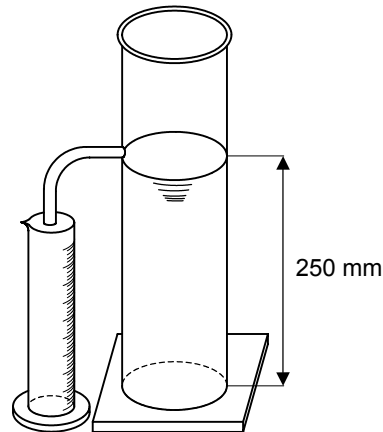


FIGURA 1.- Picnómetro tipo sifón y probeta graduada

**D.4. HORNO**

Con capacidad mínima de 20 dm<sup>3</sup>, ventilado, capaz de mantener una temperatura de 110°C y aproximación de  $\pm 5^\circ\text{C}$ .

**D.5. MATRAZ**

Tipo Pyrex, aforado, de 500 cm<sup>3</sup> de capacidad.

**D.6. FUENTE DE CALOR**

Parrilla eléctrica u otra fuente de calor.

**D.7. MALLAS DEL N°4 Y DE  $\frac{3}{8}$ "**

Con abertura de 4,75 mm y 9,5 mm, respectivamente, fabricadas con alambre de bronce o de acero inoxidable, tejido en forma de cuadrícula.

**D.8. LIENZO**

De material absorbente.

**D.9. TERMÓMETRO**

Calibrado, con un rango de 0 a 50°C y aproximación de 0,2°C.

**D.10. AGITADOR**

De vidrio, de forma cilíndrica.

**D.11. EMBUDO**

De vidrio o de plástico.

**D.12. CUCHARÓN**

De lámina, de 300 cm<sup>3</sup> de capacidad.

**D.13. CHAROLAS**

De lámina galvanizada, con forma rectangular de aproximadamente 70 × 40 × 20 cm.

**D.14. CUENTAGOTAS O PIPETA**

De vidrio o metal.

**D.15. AGUA**

Destilada.

**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. PREPARACIÓN**

La muestra del material recibida en el laboratorio se tratará y separará previamente en dos fracciones; el material que se retiene en la malla de  $\frac{3}{8}$ " (9,5 mm) y el que pasa por la malla N°4 (4,75 mm). Esto se consigue mediante el cribado del material, colocando las fracciones mencionadas en charolas distintas.

**E.2. OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS DE PRUEBA****E.2.1. Material que pasa la malla N°4**

**E.2.1.1.** De la fracción de material que pasa por la malla N°4, se toman aproximadamente 100 g, sin haber secado el material.

**E.2.1.2.** Aplicando presión en forma manual se disgregan los grumos hasta obtener un material homogéneo, teniendo el cuidado necesario para no romper las partículas durante esta operación.

**E.2.1.3.** Se procede a secar la muestra en el horno a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  hasta masa constante, que representa la masa seca del material y se registra como  $P_s$ , en g.

**E.2.2. Material que se retiene en la malla de  $\frac{3}{8}$ "**

**E.2.2.1.** De la fracción de material que se retiene en la malla de  $\frac{3}{8}$ " se toma una cantidad tal que permita obtener una muestra de aproximadamente 500 g.

**E.2.2.2.** Se colocan los 500 g de material en una charola con agua, donde se somete a saturación por un período de 24 h.

**E.2.2.3.** Después del período de saturación, se retira el material del agua y se seca superficialmente con un lienzo, procurando eliminar únicamente el agua adherida en la superficie sin remover mediante presión el agua absorbida. Esta operación se realiza lo más rápido posible a fin de evitar cualquier pérdida de agua por evaporación.

## F. PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA

### F.1. CALIBRACIÓN

Previamente al inicio de la prueba, se verificará que el equipo a emplear para el material que pasa la malla N°4 se encuentre calibrado, considerando lo siguiente:

- F.1.1. Con agua destilada, que se encuentre a la temperatura ambiente, se llena el matraz hasta aproximadamente 0,5 cm abajo de la marca de aforo, dejándola reposar durante unos minutos.
- F.1.2. Se verifica que la temperatura del agua dentro del matraz sea uniforme, para lo cual se toman lecturas con el termómetro a diferentes profundidades. Si la temperatura no es uniforme y la diferencia es menor de  $0,2^\circ$ , se agita suavemente el agua con el termómetro, pero si la diferencia de temperaturas es mayor de  $0,2^\circ\text{C}$ , se tapa el matraz con la palma de la mano y se voltea lentamente procurando evitar la formación de burbujas; finalmente se mide la temperatura del agua colocando el bulbo del termómetro en el centro del matraz y se registra dicha temperatura como  $t_0$ , en  $^\circ\text{C}$ .
- F.1.3. Utilizando el cuentagotas o pipeta, se agrega agua destilada hasta que la parte inferior del menisco del liquido coincida con la marca de aforo.
- F.1.4. Posteriormente, sin tocar o alterar dicho menisco se seca cuidadosamente el interior del cuello del matraz con el lienzo absorbente enrollado y se determina la masa del matraz lleno de agua, registrándola como  $P_0$ , en g.
- F.1.5. Siguiendo las indicaciones de los Incisos F.1.2. a F.1.4. de este Manual, se efectúan otras cuatro determinaciones de la masa  $P$  del matraz lleno de agua, pero a las temperaturas de  $5$  y  $10^\circ\text{C}$  por abajo y  $5$  y  $10^\circ\text{C}$  por arriba, aproximadamente, de la temperatura inicial del agua ( $t_0$ ), registrando las masas como  $P_{-5}$ ,  $P_{-10}$ ,  $P_5$  y  $P_{10}$  y las temperaturas como  $t_{-5}$ ,  $t_{-10}$ ,  $t_5$  y  $t_{10}$ , respectivamente.
- F.1.6. Finalmente, sobre un sistema de ejes coordenados, se dibuja una curva de calibración para el matraz de prueba, marcando las temperaturas en las abscisas y las masas en las ordenadas, y se traza una curva suave y continua como se ilustra en la Figura 2 de este Manual.

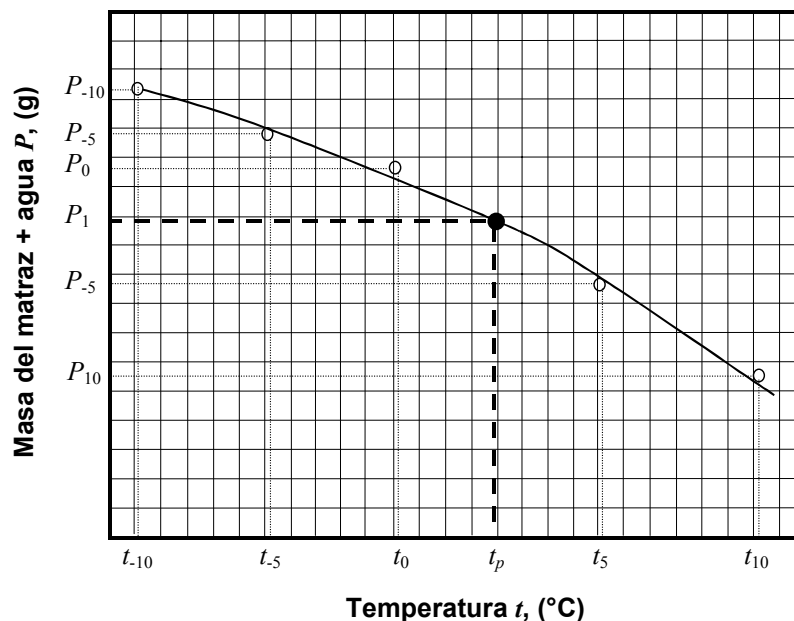


FIGURA 2.- Curva de calibración del matraz

**F.2. DENSIDAD DEL MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4**

- F.2.1. Utilizando el embudo, se introduce la muestra que pasó la malla N°4 en el matraz previamente tarado y calibrado.
- F.2.2. Posteriormente se llena el matraz con agua destilada hasta aproximadamente la mitad de su capacidad.
- F.2.3. Utilizando la parrilla eléctrica o fuente de calor, se pone en ebullición el agua del matraz, moviendo al mismo tiempo el material con el agitador mientras hierve, hasta expulsar el aire atrapado.
- F.2.4. Se deja enfriar el matraz hasta alcanzar la temperatura ambiente y se adiciona el volumen de agua destilada necesario para alcanzar la marca de aforo.
- F.2.5. Se seca superficialmente el matraz y se determina su masa en la balanza, registrándola como  $P_2$ , en g.
- F.2.6. Se tapa el matraz y se invierte varias veces en forma cuidadosa con el fin de uniformar la temperatura de la suspensión, a continuación se coloca el bulbo del termómetro en el centro del matraz y se registra la temperatura, misma que es considerada como la temperatura de la prueba  $t_p$ .
- F.2.7. Finalmente, utilizando la curva de calibración mostrada en la Figura 2 de este Manual, se obtiene la masa del matraz con el agua, en g, correspondiente a la temperatura de prueba  $t_p$  y se registra como  $P_1$ .

**F.3. DENSIDAD DEL MATERIAL QUE SE RETIENE EN LA MALLA DE 3/8"**

- F.3.1. Se coloca el picnómetro sobre una superficie horizontal libre de vibraciones y se llena con agua destilada hasta el nivel de derrame. Junto a él, en su extremo de desalojo se coloca una probeta graduada vacía.
- F.3.2. El material saturado y superficialmente seco se sumerge en el picnómetro y se recolecta en la probeta graduada el agua desalojada. Al concluir la inmersión del material, se mide sobre la escala de la probeta graduada el volumen correspondiente y se registra como  $V_i$ , en  $cm^3$ .
- F.3.3. Se extrae el material del picnómetro y se coloca en una charola para secarlo en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ C$  durante 20 h. Transcurrido este tiempo, el material se saca del horno y se deja enfriar hasta temperatura ambiente.
- F.3.4. Una vez enfriado, se determina la masa del material seco y se registra como  $P_i$ , en g.

**G. CÁLCULOS Y RESULTADOS**

- G.1. Se calcula y reporta la densidad relativa del material que pasa la malla N°4, mediante la siguiente expresión:

$$D_{rsf} = \frac{P_s}{P_s + P_1 - P_2}$$

Donde:

$D_{rsf}$  = Densidad relativa del material que pasa la malla N°4, (adimensional)

$P_s$  = Masa del material que pasa la malla N°4 en condición seca, (g)

$P_1$  = Masa del matraz lleno de agua destilada a la temperatura de prueba  $t_p$ , determinada gráficamente de la curva de calibración del matraz mostrada en la Figura 2 de este Manual, (g)

$P_2$  = Masa del matraz con el agua destilada y el material que pasa la malla N°4, obtenida con la balanza, (g)

- G.2.** Se calcula y reporta la densidad relativa del material que se retiene en la malla  $\frac{3}{8}$ ", mediante la siguiente expresión:

$$D_{rg} = \frac{P_i}{V_t (D_w)}$$

Donde:

$D_{rg}$  = Densidad relativa del material retenido en la malla de  $\frac{3}{8}$ ", (adimensional)

$P_i$  = Masa del material retenido en la malla de  $\frac{3}{8}$ " en condición seca, (g)

$V_t$  = Volumen del material retenido en la malla de  $\frac{3}{8}$ ", ( $\text{cm}^3$ )

$D_w$  = Densidad del agua, que se considera igual a  $1 \text{ g/cm}^3$

## 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, 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 hacer la prueba los materiales no se mezclen con agentes extraños que alteren el resultado.
- H.3.** Verificar que las balanzas se encuentren debidamente calibradas.
- H.4.** Cuidar que no quede aire atrapado en el material, debido a una ebullición escasa.
- H.5.** Cuidar que al comenzar la prueba, el material pétreo grueso se encuentre en la condición de saturado y superficialmente seco.
- H.6.** Verificar que el picnómetro se encuentre debidamente nivelado y lleno hasta el nivel de derrame, y que al depositar el material en su interior no se salpique agua fuera del recipiente.