

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

PARTE: **4. MATERIALES PARA PAVIMENTOS**

TÍTULO: 05. Materiales Asfálticos, Aditivos y Mezclas

CAPÍTULO: 051. *Densidad, Densidad Relativa y Absorción de Mezclas Asfálticas Compactadas No Absorbentes*

A. CONTENIDO

Este Manual describe el procedimiento de prueba para determinar la densidad relativa de las mezclas asfálticas compactadas con absorción menor de 2%, a que se refieren los Manuales M·MMP·4·05·034, *Método Marshall para Mezclas Asfálticas de Granulometría Densa* y M·MMP·4·05·046, *Método de Diseño por Desempeño para Mezclas Asfálticas de Granulometría Densa*.

B. OBJETIVO DE LA PRUEBA

Esta prueba consiste en determinar la densidad relativa de las mezclas asfálticas compactadas, es decir, su relación masa–volumen respecto a la relación masa–volumen del agua, así como la absorción de especímenes de núcleos extraídos en campo o elaborados en laboratorio a partir de muestras de mezcla asfáltica.

C. DEFINICIÓN

La densidad relativa de la mezcla asfáltica compactada (d_{mc}) es un número abstracto que representa la relación entre la masa volumétrica del espécimen seco, γ_d a 25°C, y la masa volumétrica del agua, γ_o a la misma temperatura, de acuerdo con lo mostrado en la siguiente expresión:

$$d_{mc} = \frac{\gamma_d}{\gamma_o} = \frac{W_s}{(V_m)\gamma_o} = \frac{W_s}{(V_s + V_v)\gamma_o}$$

Donde:

d_{mc} = Densidad relativa de la mezcla asfáltica compactada, (adimensional)

γ_d = Masa volumétrica de la mezcla asfáltica seca a 25°C, (kg/m³)

γ_o = Masa volumétrica del agua a 25°C, (kg/m³)

W_s = Masa de la mezcla asfáltica seca en aire, (kg)

V_m = Volumen total de la muestra, (m³)

V_s = Volumen de sólidos, (m³)

V_v = Volumen de vacíos, (m³)

D. REFERENCIAS

Este Manual se complementa con los siguientes:

MANUALES	DESIGNACIÓN
Muestreo de Mezclas Asfálticas	M-MMP-4-05-032
Método Marshall para Mezclas Asfálticas de Granulometría Densa	M-MMP-4-05-034
Método de Diseño por Desempeño para Mezclas Asfálticas de Granulometría Densa	M-MMP-4-05-046
Compactación de Mezclas Asfálticas en Caliente con el Compactador Giratorio .	M-MMP-4-05-058
Densidad, Densidad Relativa y Absorción de Mezclas Asfálticas Compactadas Absorbentes	M-MMP-4-05-063

E. EQUIPO Y MATERIALES

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

E.1. BALANZA

Analítica, con capacidad mínima de 6 000 g y aproximación de 0,1 g, equipada con un dispositivo de suspensión para determinar masas sumergidas.

E.2. DISPOSITIVO DE SUSPENSIÓN

De alambre u otro material adecuado para suspender la canastilla del centro del platillo de la balanza, como el mostrado en la Figura 1 de este Manual. El alambre o material utilizado en este dispositivo será del diámetro más pequeño posible para reducir al mínimo los efectos del volumen sumergido del mismo, como son lecturas erróneas por el desplazamiento excesivo del espécimen en el agua.

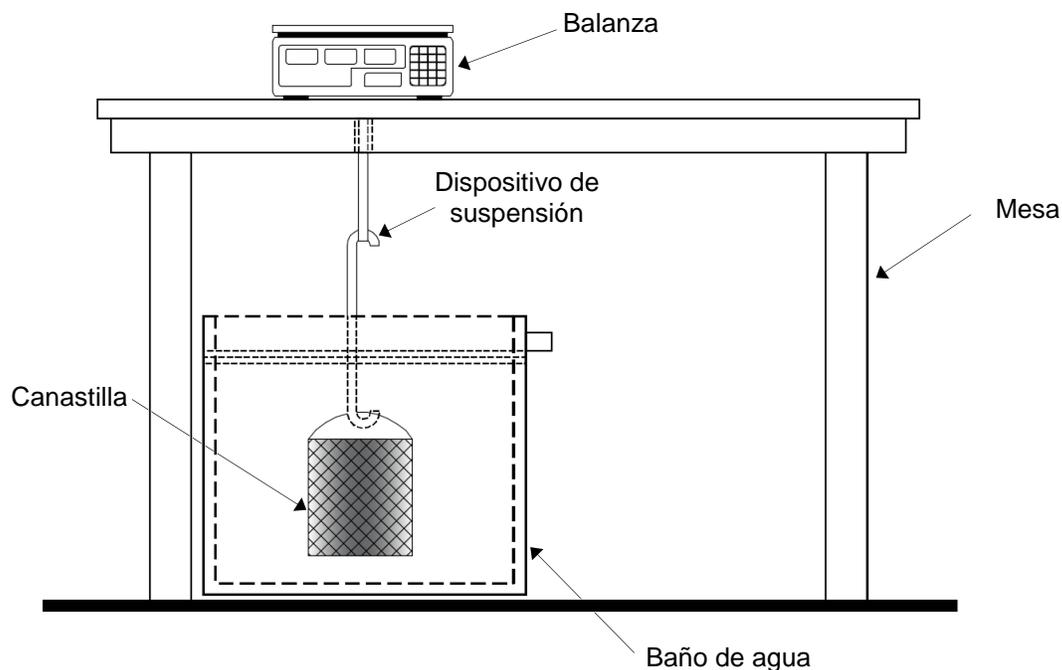


FIGURA 1.- Disposición del equipo para la determinación de la masa sumergida

E.3. BAÑO DE AGUA

Capaz de mantener una temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ para sumergir el espécimen mientras está suspendido de la balanza, provisto con una salida de agua para control de demasías y mantener un nivel constante del agua con y sin espécimen.

E.4. CANASTILLA

De alambre, malla u otro material adecuado, con tamaño y capacidad adecuados para contener o sostener los especímenes de mezcla asfáltica compactada.

E.5. HORNO DE SECADO

Capaz de mantener una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.

E.6. TERMÓMETRO

Podrá ser alguno de los siguientes:

- E.6.1.** Termómetro de columna de mercurio de inmersión parcial, con un rango de 0 a 50°C y aproximación de $0,5^\circ\text{C}$.
- E.6.2.** Termómetro de resistencia de platino (PRT por sus siglas en inglés, *Platinum Resistance Thermometer*) con un rango capaz de medir a la temperatura de prueba de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ y aproximación de $0,5^\circ\text{C}$. Contará con una sonda, la cual tendrá una longitud tal que sea al menos 50 mm (2 in) mayor que la profundidad de inmersión del espécimen.
- E.6.3.** Termómetro termistor revestido de metal con un rango capaz de medir la temperatura de prueba de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ y aproximación de $0,5^\circ\text{C}$. Contará con un sensor con características similares a la sonda del termómetro PRT, descrita en el Inciso anterior.

E.7. EQUIPO DE CORTE

De ser necesario, será con discos de diferentes diámetros, de 500 rpm como mínimo, con discos de corte de diamante o carburo de silicio.

E.8. VERNIER

Con división mínima de 0,1 mm.

E.9. CRONÓMETRO O RELOJ

Con aproximación de 1 s.

E.10. PAÑO O TOALLA

De tela, o de otro material absorbente, de 60 x 60 cm.

E.11. CHAROLAS

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

E.12. CEPILLOS PARA LIMPIEZA DE ESPECÍMENES

Dos, uno de cerdas de acero y otro de fibras suaves.

F. PREPARACIÓN DEL EQUIPO

- F.1. Se acondicionará el baño de agua a la temperatura de prueba de $25 \pm 1^\circ\text{C}$.
- F.2. Se fija la canastilla de tal manera que se suspenda de la balanza y se sumerja completamente en el agua, teniendo un tirante de agua de 2 cm por encima de la canastilla.

G. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Los especímenes se elaboran en moldes cilíndricos o se extraen de la carpeta asfáltica de acuerdo con lo indicado en las Fracciones siguientes. En ambos casos el diámetro del espécimen será, al menos, cuatro veces el tamaño máximo del material pétreo y el espesor de los especímenes no será inferior de una vez y media veces el tamaño máximo del agregado. Los especímenes estarán libres de materiales extraños, para lo cual, se eliminan rastros de papel, suciedad o de otros materiales con el cepillo de alambre y el cepillo suave. De ser necesario, se utiliza el equipo de corte o el extractor de corazones con el que se obtuvo el espécimen de carpeta asfáltica tendida y compactada, cuando sea el caso.

G.1. ESPECÍMENES EXTRAÍDOS DE UNA CARPETA ASFÁLTICA TENDIDA Y COMPACTADA

Si se van a probar especímenes de una carpeta asfáltica compactada, estos se extraerán de acuerdo con lo indicado en el M-MMP-4-05-032, *Muestreo de Mezclas Asfálticas*, lo cuales una vez extraídos, se almacenarán en un cuarto húmedo.

G.2. ESPECÍMENES ELABORADOS EN EL LABORATORIO

Si se van a probar especímenes elaborados y compactados en laboratorio a partir de mezclas asfálticas obtenidas en campo, estos se elaborarán de acuerdo con lo indicado en el Manual M-MMP-4-05-058, *Compactación de Mezclas Asfálticas en Caliente con el Compactador Giratorio*.

H. PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

H.1. ESPECÍMENES EXTRAÍDOS DE UNA CARPETA ASFÁLTICA TENDIDA Y COMPACTADA

Para determinar la densidad relativa de la mezcla asfáltica compactada de especímenes obtenidos a partir de núcleos extraídos de una carpeta asfáltica tendida y compactada, se realiza el siguiente procedimiento:

H.1.1. Determinación de la masa del espécimen sumergido en agua

Se sumerge el espécimen en el baño de agua a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 3 a 5 min, luego se determina su masa en agua, cuidando que no queden burbujas de aire atrapadas bajo el espécimen. Se registra su masa como W_w , en g. Si la temperatura del espécimen difiere de la temperatura del baño de agua en más de $2,0^\circ\text{C}$, el espécimen se sumerge en el baño de agua durante 10 a 15 min.

H.1.2. Determinación de la masa del espécimen saturado y superficialmente seco

Se retira el espécimen del baño de agua e inmediatamente se seca superficialmente de manera rápida con un paño o toalla húmeda. Se determina la masa en aire, registrándola como W_{sat} , en g.

H.1.3. Determinación de la masa del espécimen seco

Después de determinar la masa del espécimen en una condición saturada y superficialmente seca, se seca el espécimen hasta una masa constante. Se deja enfriar el espécimen a temperatura ambiente y se determina su masa en aire, registrándola como W_s , en g.

H.2. ESPECÍMENES ELABORADOS EN EL LABORATORIO

Para determinar la densidad relativa de la mezcla asfáltica compactada de especímenes elaborados en laboratorio, se realiza el siguiente procedimiento:

H.2.1. Determinación de la masa del espécimen seco

Se determina la masa del espécimen después de que haya estado al aire en un cuarto a temperatura ambiente durante al menos 1 h después de haber sido elaborado. Se registra esta masa como W_s , en g.

H.2.2. Determinación de la masa del espécimen sumergido en agua

Se sumerge el espécimen en el baño de agua a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 3 a 5 min, luego se determina su masa en agua, registrándola como W_w , en g. Si la temperatura de la muestra difiere de la temperatura del baño de agua en más de $2,0^\circ\text{C}$, el espécimen se sumerge en el baño de agua de 10 a 15 min.

H.2.3. Determinación de la masa del espécimen saturado y superficialmente seco

Se seca superficialmente el espécimen de manera rápida con un paño o toalla húmeda y se determina su masa en aire, registrándola como W_{sat} , en g.

I. CÁLCULOS Y RESULTADOS

I.1. DETERMINACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA COMPACTADA

Se determina la cantidad de agua absorbida por el espécimen, $W_{m_{ab}}$, en porcentaje con respecto al volumen, mediante la siguiente expresión:

$$W_{m_{ab}} = \frac{W_{sat} - W_s}{(W_{sat} - W_w)} \times 100$$

Donde:

$W_{m_{ab}}$ = Absorción de la mezcla asfáltica compactada, (%)

W_s = Masa del espécimen seco en aire, (g)

W_{sat} = Masa del espécimen saturado y superficialmente seco, (g)

W_w = Masa del espécimen sumergido en agua, (g)

I.1.1. Cuando la absorción de la mezcla asfáltica sea igual a 2% o menor, entonces se continúa con el procedimiento para calcular la densidad relativa de la mezcla asfáltica compactada.

I.1.2. Si la absorción de la mezcla asfáltica compactada es mayor al 2%, la densidad relativa de la mezcla asfáltica se determina de acuerdo con lo indicado en el Manual M-MMP-4-05-063, *Densidades Relativas y Absorción de Mezclas Asfálticas Compactadas Absorbentes*.

I.2. CÁLCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA DE LA MEZCLA ASFÁLTICA COMPACTADA

$$d_{mc} = \frac{W_s}{W_{sat} - W_w}$$

Donde:

d_{mc} = Densidad relativa de la mezcla asfáltica compactada, (adimensional)

W_s = Masa del espécimen seco en aire, (g)

W_{sat} = Masa del espécimen saturado y superficialmente seco, (g)

W_w = Masa del espécimen sumergido en agua, (g)

I.3. CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA COMPACTADA

$$\rho_{mc} = d_{mc} \times D_w$$

Donde:

ρ_{mc} =Densidad de la mezcla asfáltica compactada, (g/cm³)

d_{mc} =Densidad relativa de la mezcla asfáltica compactada, (adimensional)

D_w =Densidad del agua a 25°C que se considera igual a 0,997 g/cm³

I.4. Además de lo indicado en las Fracciones anteriores de este Manual, el informe de los resultados incluirá, como mínimo, los siguientes datos:

- Número de especímenes de cada grupo,
- tipo de mezcla asfáltica compactada,
- tamaño del espécimen,
- porcentaje de agua absorbida con respecto al volumen,
- densidad relativa a 25°C a una aproximación de 0,001 (adimensional), y la
- densidad a 25°C a una aproximación de 0,001 g/cm³.

J. PRECAUCIONES PARA EVITAR ERRORES

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

- J.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 los especímenes de prueba.
- J.2.** Que todo el equipo esté perfectamente limpio, para que al hacer la prueba los especímenes de prueba no se contaminen con agentes extraños que alteren el resultado.
- J.3.** Que la balanza se encuentre debidamente calibrada y se coloque sobre una superficie perfectamente horizontal y sin vibraciones al momento de realizar la prueba.
- J.4.** Que los especímenes no presenten distorsiones, pandeos o agrietamiento durante y después de su remoción de la carpeta o del molde.
- J.5.** Que, en el caso de especímenes extraídos de una carpeta, se almacenen en un cuarto húmedo.

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

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