

DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DE LA DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS MEDIANTE EL MÉTODO DE SELLADO AUTOMÁTICO POR VACÍO

INV E – 802 – 13

1 OBJETO

- 1.1 Este método de ensayo se refiere a la determinación de la gravedad específica bulk y de la densidad de las mezclas asfálticas compactadas, a partir del método de sellado al vacío.
- 1.2 El método es aplicable tanto para probetas compactadas en el laboratorio como para muestras tomadas de pavimentos.

2 IMPORTANCIA Y USO

- 2.1 Los resultados obtenidos mediante esta prueba se pueden utilizar tanto para determinar el porcentaje de vacíos con aire de mezclas asfálticas compactadas, como para calcular su grado relativo de compactación.
- 2.2 Puesto que la gravedad específica no tiene unidades, se debe convertir en densidad con el fin de realizar los cálculos que requieran unidades. Esta conversión se efectúa multiplicando la gravedad específica a una determinada temperatura por la densidad del agua a la misma temperatura.
- 2.3 El método se puede aplicar tanto sobre probetas cilíndricas de 100 mm (4") y 150 mm (6") de diámetro, como sobre especímenes prismáticos, con el fin de prevenir inconsistencias que se puedan presentar en las determinaciones de las masas de las muestras por otros métodos, motivadas por el eventual escurrimiento de agua de ellas, así como por inexactitudes en la medición de la masa de probetas en condición saturada y superficialmente seca, de mezclas absorbentes gruesas y de gradación abierta. Mezclas tales como las *Stone Matrix Asphalt* (SMA), las drenantes y las de gradación gruesa con textura significativa y con vacíos interconectados, se deben ensayar con el procedimiento indicado en esta norma para determinar su gravedad específica bulk.

Nota 1: La gravedad específica bulk determinada por este método puede ser menor que la obtenida mediante la norma INV E-733. Como resultado de ello, los vacíos con aire determinados a partir de estos

valores de gravedad específica pueden ser mayores que los determinados usando dicha norma. Estas diferencias pueden ser más pronunciadas en el caso de mezclas de gradación gruesa.

- 2.4** Se deben seguir las recomendaciones del fabricante, con el fin de utilizar bolsas de tamaños apropiados cuando las muestras por ensayar tengan forma prismática o irregular.

3 EQUIPO Y ELEMENTOS

- 3.1** *Balanza* - Con capacidad y sensibilidad suficientes para permitir el cálculo de la gravedad específica bulk de las muestras de ensayo con, al menos, cuatro cifras significativas; es decir, al menos tres cifras decimales. Debe estar equipada con un dispositivo adecuado para pesar muestras sumergidas en agua. La balanza debe tener una tolerancia básica de $\pm 0.1\%$ y permitir lecturas con una precisión de 0.1 g.

Nota 2: Puesto que no hay más cifras significativas en el cociente (gravedad específica bulk) que las que aparecen tanto en el dividendo (masa de la muestra en el aire) como en el divisor (volumen de la muestra, obtenido mediante la diferencia en masa de la misma en el aire y en el agua), esto significa que la balanza debe tener una sensibilidad capaz de suministrar los valores de masa y volumen, cuando menos, con cuatro cifras.

- 3.2** *Tanque para agua* – Con dimensiones mínimas (longitud \times ancho \times profundidad) de $610 \times 460 \times 460$ mm ($24 \times 18 \times 18$) o un recipiente cilíndrico con un diámetro mínimo de 460 mm (18") y una altura mínima de 460 mm (18"), para sumergir completamente las muestras en agua mientras están suspendidas de la balanza. El tanque debe estar equipado con un orificio de desagüe para mantener constante el nivel del agua y un control térmico que permita mantener la temperatura a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ($77 \pm 1.8^\circ\text{F}$).

Nota 3: Es preferible mantener constante la temperatura del agua empleando un calentador controlado. También, para reducir la posibilidad de que la bolsa toque las paredes del tanque de agua, es aconsejable elevarlo hasta un nivel que permita al operador colocar la muestra en el mecanismo de pesaje sin agacharse y que facilite la colocación de la muestra y de la bolsa dentro del tanque de agua.

- 3.3** *Sujetador amortiguado* – Sin bordes agudos, para el desplazamiento de la muestra dentro del agua.

Nota 4: Se ha encontrado que los sujetadores cubiertos de plástico son apropiados para evitar que las bolsas plásticas se perforen accidentalmente dentro del baño de agua.

- 3.4** *Cámara de vacío* - Con una bomba de 0.93 kW (1.25 HP) capaz de evacuar una cámara sellada y hermética a una presión mínima de 10 mm Hg (10 Torr) en menos de 60 segundos, a nivel del mar. La cámara debe tener el tamaño suficiente para permitir el sellado de muestras de 150 mm (6") de ancho por

350 mm (14") de largo y 150 mm (6") de espesor. El dispositivo debe sellar automáticamente la bolsa plástica y expulsar de nuevo el aire dentro de la cámara de manera controlada, para asegurar un contacto apropiado del plástico con la muestra que se ensaya. Los tiempos de operación del escape del aire y del vacío deben ser calibrados en la fábrica antes del uso inicial de la cámara. El sistema de expulsión de aire debe estar calibrado para llevar la cámara a la presión atmosférica en un lapso de 80 a 120 segundos luego de completar la operación de vacío. El sistema de vacío debe estar provisto de un seguro para controlar la apertura de la puerta de la cámara.

- 3.5 *Manómetro indicador de vacío* – Independiente del dispositivo de sellado al vacío, que pueda ser colocado directamente dentro de la cámara para verificar el comportamiento del vacío y la condición del sellado de la puerta de la cámara de la unidad. El manómetro debe ser capaz de leer una presión por debajo de 3 mm Hg (3 Torr) y ser legible a 1 mm Hg (1 Torr).
- 3.6 *Bolsas plásticas* – Para usar con la cámara de vacío. Pueden ser de dos tamaños. Las bolsas pequeñas deben tener una abertura de 241 mm (9.50") como mínimo y de 260 mm (10.25") como máximo, mientras que la abertura de las bolsas grandes se debe encontrar entre 375 mm (14.75") y 394 mm (15.5"). Las bolsas deben ser de un material plástico que no se adhiera a la película de asfalto, resistente a las perforaciones, capaz de soportar temperaturas hasta de 70° C (158° F), impermeable al agua y que no contenga canales de aire que permitan la evacuación del aire de ellas. Las bolsas deben tener un espesor entre 0.100 mm (0.004") y 0.152 mm (0.006"). Con cada despacho, el fabricante deberá informar la gravedad específica aparente de las bolsas, la cual deberá ser tenida en cuenta en los cálculos que la requieran (Ver Sección 7).
- 3.7 *Placa para el deslizamiento de la muestra* – Para emplear dentro de la cámara, con el fin de reducir la fricción sobre las bolsas plásticas.
- 3.8 *Cuchillo para el corte de bolsas* – O tijeras.

4 MUESTREO

- 4.1 Las muestras de prueba pueden ser preparadas en el laboratorio o provenir de un pavimento asfáltico en la vía. Las muestras de campo se deben tomar de acuerdo con la norma INV E-731.

5 MUESTRAS DE ENSAYO

- 5.1 Se recomienda: (1) que el diámetro de las muestras cilíndricas moldeadas en el laboratorio o provenientes de núcleos, o la longitud de los lados de muestras aserradas sea, cuando menos, cuatro veces el tamaño máximo del agregado; y (2) que el espesor de las muestras sea, como mínimo, una y media veces el tamaño máximo del agregado. Las muestras de pavimentos se deben tomar con equipos para la toma de núcleos o mediante el aserrado de bloques.
- 5.2 Se debe tener cuidado con el fin de evitar la distorsión, el pandeo o el agrietamiento de las muestras durante y después de su remoción del pavimento o del molde. Las muestras se deben almacenar en un lugar seguro y fresco.
- 5.3 Las muestras deben estar libres de materiales extraños, tales como riegos de liga, riegos de imprimación, material de la base, suelo, papel, etc. Si alguno de estos materiales es evidente a la vista, deberá ser retirado. Riegos de liga e imprimación o superficies irregulares que puedan aparecer en la bolsa plástica y que no pertenezcan a la muestra se deben remover de ésta aserrando sus caras superior o inferior, o ambas, según corresponda.
- 5.4 Las muestras de ensayo se pueden separar de otras capas de pavimento mediante aserrado u otros medios apropiados.
- 5.5 Se debe usar un cepillo o una lija suave para romper las salientes afiladas que se presenten alrededor de los bordes superior e inferior de la muestra.

6 PROCEDIMIENTO

- 6.1 Este procedimiento se puede emplear tanto para ensayar muestras tomadas del pavimento como compactadas en el laboratorio. De manera específica, se recomienda cuando la mezcla es absorbente, de acuerdo con lo que determine la norma de ensayo INV E-733, o si es gruesa o de gradación abierta. Cuando se trate de mezclas tales como las *Stone Matrix Asphalt* (SMA), las drenantes y las de gradación gruesa con textura significativa y con vacíos interconectados, se debe seguir el procedimiento indicado en esta Sección para determinar su gravedad específica bulk.
- 6.2 *Masa de la muestra sin sellar:*

- 6.2.1** *Muestras preparadas en el laboratorio* – Se determina la masa de la muestra luego de que ella alcance la temperatura ambiente. Se designa esta masa como A.
- 6.2.2** *Muestras que contienen humedad* – Se seca la muestra hasta masa constante y se designa esta masa como A. Se define la masa constante como aquella que presenta una variación inferior a 0.5 % entre intervalos de secado consecutivos de 15 minutos. Se pueden utilizar el secado al vacío según la norma INV E-810, u otro método aprobado para secar la muestra hasta masa constante.

6.3 *Masa de la muestra sellada:*

- 6.3.1** Se elige un tamaño apropiado de bolsa, de acuerdo con el tamaño de la muestra. Para todas las muestras de 100 mm (4") de diámetro y para las que tengan 150 mm (6") de diámetro y un espesor menor de 50 mm (2"), se utiliza la bolsa de menor abertura especificada en el numeral 3.6. Para muestras de 150 mm (6") con espesor mayor de 50 mm (2"), se deben utilizar las bolsas de mayor abertura. Para muestras que pesen más de 5500 g (12.1 lb) o que tengan formas irregulares, se deben seguir las recomendaciones del fabricante en relación con el tamaño y la configuración apropiados de las bolsas.

Nota 5: Las bolsas se deben proteger durante el almacenamiento. El manejo brusco y el almacenamiento en proximidad de objetos angulosos como herramientas y agregados, pueden dañar las bolsas plásticas. Es necesario remitirse a las recomendaciones del fabricante para el manejo y el almacenamiento seguro de ellas.

- 6.3.2** Se determina la masa de la bolsa y, en seguida, se coloca dentro de la cámara de vacío, en la parte superior del plato para el deslizamiento de la muestra.
- 6.3.3** Se abre la bolsa con suavidad y se coloca la muestra dentro de ella en la parte superior del plato, con el cuidado necesario para prevenir su perforación (Figura 802 - 1). Se debe evitar que la bolsa se caiga o se golpee. Se coloca la abertura de la bolsa sobre la barra de sellado, de manera que la abertura quede al menos 25 mm (1") sobre la barra (Figura 802 - 2). A continuación, se cierra la puerta de la cámara (Figura 802 - 3).



Figura 802 - 1. Colocación de la muestra dentro de la bolsa



Figura 802 - 2. Colocación de la abertura de la bolsa sobre la barra de sellado



Figura 802 - 3. Cierre de la puerta de la cámara

- 6.3.4** Se permite que mediante vacío se remueva todo el aire de la cámara y de la bolsa plástica. La cámara de vacío debe sellar automáticamente la bolsa una vez que se remueve el aire.
- 6.3.5** Se expela el aire dentro de la cámara hasta que se abra la puerta, lo que indica que se alcanzó la presión atmosférica dentro de aquella. Se puede usar el seguro de la puerta de la cámara, para evitar su apertura automática luego de terminar la prueba.
- 6.3.6** Se remueve la muestra sellada de la cámara de vacío y se maneja con extremo cuidado para evitar que la bolsa se perfore (Figura 802 - 4). Se hala cuidadosamente la bolsa y si ella se separa fácilmente de la muestra significa que puede estar rota; en tal caso, se debe repetir el proceso de sellado con una nueva bolsa.
- 6.3.7** Se coloca inmediatamente la muestra sellada dentro del tanque de agua a $25 \pm 1^\circ \text{ C}$ ($77 \pm 21^\circ \text{ F}$) en el extremo del mecanismo de pesaje y se determina su masa. Esta masa se designa como E.
- 6.3.8** Para asegurar que la bolsa estaba sellada herméticamente, se retira ésta del agua y se corta. Enseguida, se saca la muestra de ella y se determina su masa, la cual se designa como C. Se compara esta masa con la masa seca inicial determinada en los numerales 6.2.1 o 6.2.2 (masa A). Si la masa C es mayor que la masa A en 5 o más gramos, la muestra se deberá secar y volver a ensayar; en caso contrario, se continúa con los cálculos.
- 6.3.9** Se determina la masa de la muestra sellada, en el aire, sumando la masa obtenida en los numerales 6.2.1 o 6.2.2 con la determinada en el numeral 6.3.2. Se designa esta masa como B.



Figura 802 - 4. Muestra sellada

7 CÁLCULOS

7.1 Se calcula la gravedad específica bulk de la muestra con la expresión:

$$\text{Gravedad específica bulk} = \frac{A}{[C + (B - A)] - E - \frac{B - A}{F_T}]}$$
[802.1]

Donde: A: Masa de la muestra seca al aire, g;

B: Masa de la muestra seca sellada, g;

C: Masa final de la muestra luego de removerla de la bolsa, g;

E: Masa de la muestra sellada sumergida en agua, g;

F_T: Gravedad específica aparente del material plástico de la bolsa a 25 ± 1°C (77 ± 1.8°F), suministrada por el fabricante.

7.2 Se calcula la densidad de la muestra con la expresión:

$$\text{Densidad} = \text{Gravedad específica bulk} \times \gamma$$
[802.2]

Donde: γ: Densidad del agua a 25°C (77°F) (997.0 kg/m³, 0.997 g/cm³ o 62.4 lb/pie³).

8 VERIFICACIONES

8.1 *Verificación del sistema:*

- 8.1.1** Se debe verificar la calibración del vacío del aparato una vez cada 3 meses, luego de reparaciones importantes y luego de cada envío o traslado.
- 8.1.2** La verificación se debe realizar con un manómetro de vacío que pueda ser ubicado dentro de la cámara y leer el ajuste de vacío del dispositivo de sellado.
- 8.1.3** Se coloca el manómetro dentro de la cámara y se registra el ajuste. El manómetro debe suministrar registros con una aproximación de 10

mm Hg (10 Torr) o menos. No se debe usar la unidad, si la lectura del manómetro es mayor de 10 mm Hg (10 Torr).

- 8.1.4** El manómetro de vacío usado para la verificación se debe calibrar anualmente.

Nota 6: Los manómetros en línea, aunque son capaces de indicar el comportamiento de vacío de la bomba, no son apropiados para uso dentro de las cámaras de vacío y no miden apropiadamente los niveles de vacío.

8.2 *Verificación de la bolsa plástica:*

- 8.2.1** Se deben verificar periódicamente los datos suministrados por el fabricante sobre la gravedad específica aparente de las bolsas plásticas.
- 8.2.2** Se elabora una cantidad suficiente de mezcla asfáltica con 6 % de cemento asfáltico y un agregado que pase el tamiz de 4.75 mm (No. 4), para elaborar probetas de 100 mm (4") de diámetro y al menos 60 mm (2.4") de espesor al ser compactadas con un compactador Marshall o giratorio. Las muestras se deben compactar con una energía tal, que dé lugar a un contenido de vacíos con aire entre 4 y 8 %
- 8.2.3** Se toman tres (3) bolsas de cada tamaño y se aplica el mismo procedimiento descrito en la Sección 6 y los cálculos indicados en la Sección 7, para determinar gravedad específica bulk de la muestra de mezcla compactada con agregado que pase el tamiz de 4.75 mm (No. 4), para cada una de las bolsas.
- 8.2.4** Se promedian las gravedades específicas bulk (o densidades) de las mezclas compactadas, obtenidas con las diferentes bolsas.
- 8.2.5** Se determina la gravedad específica bulk de la mezcla compactada, aplicando el procedimiento descrito en la norma INV E-733.
- 8.2.6** La gravedad específica bulk promedio (o densidad) calculada para la muestra, según el numeral 8.2.4, no debe variar más de 0.010 g/cm³ (0.624 lb/pie³) con respecto a la gravedad específica bulk (o densidad) determinada por la norma INV E-733 (numeral 8.2.5) para la misma muestra asfáltica.

9 INFORME

9.1 Se debe presentar la siguiente información:

- 9.1.1** Gravedad específica de la bolsa plástica, con tres cifras decimales
- 9.1.2** Gravedad específica bulk de la muestra a $25 \pm 1^\circ C$ ($77 \pm 1.8^\circ F$), con cuatro cifras significativas
- 9.1.3** Densidad de la muestra con cuatro cifras significativas

10 PRECISIÓN Y SESGO

10.1 *Precisión* – Los criterios para juzgar la aceptabilidad de los resultados de los ensayos de gravedad específica bulk obtenidos mediante este método se presentan en la Tabla 802 - 1.

- 10.1.1** Las cifras mostradas en la columna 2 corresponden a las desviaciones estándar que se han encontrado apropiadas para las condiciones de ensayo descritas en la columna 1. Las cifras que se muestran en la columna 3 son los límites que no se deben exceder en las diferencias entre los resultados de 2 ensayos adecuadamente realizados.
- 10.1.2** Los valores de la columna 3 constituyen el rango aceptable para 2 ensayos. Cuando se están evaluando más de 2 resultados, el rango indicado en esta columna se debe incrementar.

10.2 *Sesgo* – Dado que no hay un material adecuado de referencia aceptado para determinar el sesgo del procedimiento para medir la densidad, no se presenta información sobre el sesgo de este método de ensayo.

Tabla 802 - 1. Criterio para juzgar la aceptabilidad de los ensayos para determinar la gravedad específica bulk

TIPO DE ÍNDICE	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	RANGO ACEPTABLE ENTRE DOS RESULTADOS
Precisión de un solo operador	0.0124	0.035
Precisión multilaboratorio	0.0135	0.038

11 NORMAS DE REFERENCIA