

# DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA Y DE LA DENSIDAD MÁXIMA DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTACIÓN MEDIANTE EL MÉTODO DE SELLADO AUTOMÁTICO POR VACÍO

INV E – 803 – 13

## 1 OBJETO

---

- 1.1** Esta norma se refiere a la determinación de la gravedad específica máxima y la densidad máxima de mezclas asfálticas sueltas a 25° C (77° F).

## 2 DEFINICIONES

---

- 2.1** Las siguientes definiciones están adaptadas a esta norma de ensayo:

**2.1.1** *Densidad* – Masa del material por unidad de volumen a 25° C (77° F).

**2.1.2** *Presión residual* – Es la presión dentro de una cámara de vacío cuando éste es aplicado.

**2.1.3** *Gravedad específica* – Relación entre la masa del material a 25° C (77° F) y la masa de un volumen igual de agua a la misma temperatura.

## 3 RESUMEN DEL MÉTODO

---

- 3.1** Se coloca una muestra de mezcla asfáltica de masa conocida, secada al horno, en condición suelta y a temperatura ambiente, dentro de una bolsa con un diseño especial acanalado. La bolsa con la muestra se coloca dentro de otra bolsa y se llevan a la cámara de vacío. Se evacúa el aire de la muestra hasta una presión absoluta de 6 mm Hg (6 Torr) y se sella automáticamente. Se retiran de la cámara las bolsas que contienen la muestra y se colocan dentro de un tanque con agua equipado con una balanza para pesar la muestra sumergida en agua. Mientras se encuentra completamente sumergida, la bolsa exterior se corta con unas tijeras, para permitir que el agua entre en ella. Puesto que la muestra estaba bajo un vacío completo, el agua será forzada alrededor de todas las áreas accesibles de ella. La diferencia entre las masas en el aire y sumergido dará el volumen de la muestra, previa una corrección a

causa de la influencia de la bolsa. La masa seca y el volumen se pueden usar, entonces, para calcular la gravedad específica máxima de la muestra.

- 3.2** Este método constituye una técnica rápida para la determinación de la gravedad específica máxima, que minimiza la exposición de las muestras asfálticas al agua durante el ensayo y reduce la posibilidad de que absorban agua.

*Nota 1: Si la corrección por absorción de agua no se realiza sobre las gravedades específicas máximas obtenidas sobre agregados porosos al emplear este método de ensayo, los resultados pueden ser mayores que los obtenidos mediante la norma INV E-735. Sin la corrección por la absorción de agua por parte del agregado, los vacíos con aire calculados con base en estos resultados pueden ser mayores.*

## 4 IMPORTANCIA Y USO

---

- 4.1** Las gravedades específicas máximas y las densidades máximas de las mezclas asfálticas son propiedades intrínsecas, cuyos valores son afectados por la composición de la mezcla, en términos de los tipos y cantidades de agregados y de materiales asfálticos.
- 4.2** Las densidades máximas se utilizan para calcular los porcentajes de vacíos con aire en mezclas asfálticas compactadas y brindan valores de referencia para verificar el grado compactación de las mezclas asfálticas en el terreno. También, son esenciales para calcular la cantidad de asfalto absorbido por los poros de las partículas individuales del agregado en una mezcla asfáltica.

## 5 EQUIPO

---

- 5.1** *Balanza* – Con bastante capacidad y suficiente sensibilidad para permitir el cálculo de la gravedad específica de muestras con, al menos cuatro cifras significativas; es decir, al menos tres cifras decimales. Deberá estar equipada con un dispositivo apropiado para pesar muestras sumergidas en agua. El alambre de suspensión enganchado a la escala debe romper la superficie del agua en un solo punto y deberá tener un diámetro máximo de 3 mm (0.125"). La balanza debe tener una tolerancia básica de  $\pm 0.1$  % y permitir lecturas con aproximación a 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.*

- 5.2** *Tanque para agua* – Con dimensiones mínimas (longitud × ancho × altura) de 610 × 460 × 460 mm (24 × 18 × 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 la temperatura del agua mediante un calentador controlado. Colocar el tanque para agua a nivel de la cintura permitirá al operario realizar el ensayo mientras está de pie, lo que simplifica de manera significativa las operaciones de pesado.*

- 5.3** *Cámara de vacío* – Con una bomba de 0.93 kW (1.25 HP) capaz de evacuar una cámara sellada y hermética con un vacío de 6 mm Hg (6 Torr) a nivel del mar. La cámara debe tener el tamaño suficiente que permita el sellado de muestras de hasta de 2200 gramos (4.85 libras). 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 a 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 ser calibrado para llevar la cámara a la presión atmosférica en un lapso de 80 a 150 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.

- 5.4** *Manómetro indicador de vacío* – Independiente del dispositivo de sellado al vacío y 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) de vacío y ser legible a 1 mm Hg (1 Torr).

- 5.5** *Bolsas plásticas* – Deben ser de dos tipos. Las bolsas que se colocan en el interior deben tener canales dispuestos al azar en uno de sus lados; los tamaños mínimo y máximo de su abertura son 305 mm (12") y 340 mm (13.5"), respectivamente. Las bolsas exteriores, no acanaladas, deben tener una abertura 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 e impermeables al aire. Cada bolsa debe 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.

*Nota 4: Las bolsas plásticas se deben proteger adecuadamente durante el almacenamiento. El manejo descuidado, el almacenamiento en proximidad de objetos punzantes, cerca de agregados o dentro de cajones, puede producir su deterioro. Se deben atender las recomendaciones del fabricante en relación con el manejo y el almacenamiento seguro de ellas.*

- 5.6** *Sujetador* – Sin bordes agudos, para el desplazamiento de la muestra en el agua.
- 5.7** *Placas de relleno* – Para posicionar la muestra y las bolsas al mismo nivel de la barra de sellado.
- 5.8** *Cuchillo para cortar bolsas* – O tijeras.
- 5.9** *Termómetro* – Con divisiones cada 0.5° C (1° F), para medir la temperatura del baño de agua.
- 5.10** *Horno de laboratorio* – Capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5° C (230 ± 9° F).

## 6 MUESTRAS

- 6.1** Las muestras se deben obtener de acuerdo con la norma INV E-731.
- 6.2** El tamaño de cada muestra deberá estar de acuerdo con los requisitos que se indican a continuación. Las muestras de más de 2200 g (4.85 lb) se deben ensayar en porciones de 1500 a 2000 g (3.31 a 4.41 lb).

TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO EN LA MEZCLA mm (pg.)	TAMAÑO MÍNIMO DE LA MUESTRA g (lb)
50.0 (2)	6000 (13.23)
37.5 (1.5)	4000 (8.82)
25.0 (1)	2500 (5.51)
19 (0.75)	2000 (4.41)
12.5 (0.5)	1500 (3.31)
9.5 (0.375)	1500 (3.31)
4.75 (0.187)	1500 (3.31)

## 7 PROCEDIMIENTO

- 7.1** Se separan manualmente las partículas de la muestra de la mezcla, con suficiente cuidado para evitar su fractura y de manera tal, que las partículas de la porción de agregado fino no sean mayores de 6.3 mm (¼"). Si la muestra de mezcla no es lo suficientemente blanda como para ser separada a mano, se

coloca sobre un recipiente plano y se calienta en el horno hasta que pueda ser separada como se ha descrito.

- 7.2** A menos que la mezcla haya sido preparada en el laboratorio empleando agregados secados al horno, la muestra se deberá secar en el horno hasta masa constante a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ). Se admite el uso de otros métodos para el secado que permitan que la muestra alcance una masa constante. Esta operación de secado y cualquier calentamiento requerido para la separación de partículas, como el descrito en el numeral 7.1, se deben combinar en una sola operación para minimizar los efectos del recalentamiento.
- 7.3** Se deja enfriar la muestra a temperatura ambiente y se pesa. Este valor se puede anotar en la columna B del formato incluido en el Anexo A.
- 7.4** Se pone a punto la máquina de sellado por vacío de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, para producir un vacío absoluto de 99 % dentro de la cámara por un mínimo de 5 minutos.

*Nota 5: Se deberán seguir las recomendaciones del fabricante para el ensayo de mezclas asfálticas que contengan polímeros.*

- 7.5** Se pesan una bolsa interna y una externa, luego de verificar que no tengan perforaciones o cortes.
- 7.6** Se anota el peso combinado de las bolsas en la columna A del formato del Anexo A.
- 7.7** Se coloca la muestra en la bolsa interna, asegurándose de que no sufra ninguna pérdida durante la transferencia (Figura 803 - 1).



Figura 803 - 1. Colocación de la muestra en la bolsa interna

- 7.8** Se coloca la bolsa externa vacía, dentro de la cámara de vacío.

- 7.9** La bolsa interna conteniendo la muestra se coloca dentro de la bolsa externa, de manera que su lado acanalado (lado rugoso) quede hacia abajo (Figura 803 - 2). El lado rugoso se coloca bajo la muestra con el fin de protegerla contra aire atrapado y para ayudar en la evacuación del aire de la bolsa.



Figura 803 - 2. Colocación de la bolsa interna dentro de la externa

- 7.10** Se esparce cuidadosamente la muestra, de manera que quede uniformemente distribuida dentro de la bolsa interna. La muestra no se debe esparcir sacudiéndola desde la parte exterior de la bolsa.
- 7.11** Se empuja la abertura de la bolsa interna lejos de la abertura de la bolsa externa para prevenir que la abertura de la interna sea sellada. Se verifica que la abertura de la bolsa interna esté lisa y que no esté restringida por un doblar de la bolsa.
- 7.12** Se coloca la abertura de la bolsa externa sobre la barra de sellado, verificando que la bolsa interna no se encuentre sobre dicha barra (Figura 803 - 3).

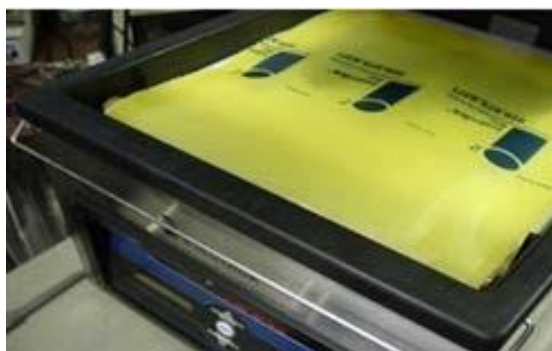


Figura 803 - 3. Colocación de la bolsa externa sobre la barra de sellado

- 7.13** Se cierra la puerta de la cámara.

- 7.14** Se permite que la cámara de vacío remueva el aire de la cámara y de la bolsa plástica. Se deben seguir las recomendaciones del fabricante en relación con la puesta a punto del aparato y con el tiempo requerido para el ciclo de vacío. La cámara de vacío deberá sellar automáticamente la bolsa una vez que el aire es removido.
- 7.15** Se expulsa el aire dentro de la cámara hasta que la puerta de ésta se abra, indicando que la cámara está a la presión atmosférica. Se puede utilizar el seguro de la puerta de la cámara para evitar su apertura automática luego de que la prueba se ha terminado.
- 7.16** Se remueve la muestra sellada de la cámara de vacío; se realiza una inspección visual de la bolsa y se está atento a la ocurrencia de cualquier escape.
- Nota 6: La muestra se debe transferir con el mayor cuidado al tanque con agua, evitando su impacto con superficies duras, lo cual puede originar fugas de la bolsa y permitir la entrada del aire en la muestra.*
- 7.17** Se transfiere inmediatamente la muestra al tanque con agua a  $25 \pm 1^\circ \text{C}$  ( $77 \pm 2^\circ \text{F}$ ), equipado con la balanza.
- 7.18** Se sumerge completamente la bolsa sellada que contiene la muestra y se abre la bolsa externa con un corte a través de su parte superior, dejando intactos aproximadamente 25 mm (1"). Al cortar la bolsa se comprueba que la porción sellada de ella está sumergida dentro del agua al menos 50 mm (2") y que permanece bajo agua durante todo el proceso.
- 7.19** Se abren ambas bolsas con los dedos y se mantienen abiertas entre 10 y 15 segundos, para permitir que el agua fluya dentro de ellas.
- 7.20** Se suspende la muestra de la balanza, verificando que ni las bolsas ni el equipo de suspensión estén en contacto con los lados o el fondo del tanque de agua y que ninguna parte de la bolsa plástica asoma en la superficie del agua en ningún momento.
- 7.21** Se anota el peso correspondiente en la columna C del formato incluido en el Anexo A.
- 7.22** Se realizan los cálculos de acuerdo con la fórmula que se presenta en la Sección 8 o se utiliza un programa de software para el cálculo automático de la gravedad específica máxima.

## 8 CÁLCULOS

**8.1** Se calcula la gravedad específica máxima de la mezcla con la expresión:

$$\text{Gravedad Específica Máxima} = \frac{B}{A + B - C - \frac{A}{V_c}} \quad [803.1]$$

- Donde: B: Masa en el aire de la muestra seca, g;
- A: Masa combinada de las dos bolsas plásticas (la acanalada y la exterior), g;
- C: Masa de la mezcla y de las bolsas sumergidas, g;
- V<sub>c</sub>: Gravedad específica aparente combinada de las dos bolsas plásticas a 25° C (77° F), suministrada por el fabricante;

**8.2** Se calcula la densidad de la muestra como sigue:

$$\text{Densidad} = \text{Gravedad específica máxima} \times \gamma \quad [803.2]$$

- Donde: γ: Densidad del agua a 25° C (77° F) (997.0 kg/m<sup>3</sup>, 0.997 g/cm<sup>3</sup> o 62.4 lb/pie<sup>3</sup>).

## 9 VERIFICACIÓN

- 9.1** 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.
- 9.2** 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.
- 9.3** Se coloca el manómetro dentro de la cámara y se registra el ajuste. El manómetro debe indicar una presión de 6.0 mm Hg (6 Torr) o menos. No se debe usar la unidad si la lectura del manómetro es mayor de 8 mm Hg (8 Torr).
- 9.4** El manómetro usado para verificación se debe calibrar anualmente.



*Nota 7: 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.*

## 10 INFORME

**10.1** Se debe presentar la siguiente información:

**10.1.1** Gravedad específica aparente de las bolsas plásticas, con tres cifras decimales.

**10.1.2** Gravedad específica máxima de la mezcla a  $25 \pm 1^\circ \text{C}$  ( $77 \pm 2^\circ \text{F}$ ), con cuatro cifras significativas.

**10.1.3** Densidad a  $25 \pm 1^\circ \text{C}$  ( $77 \pm 2^\circ \text{F}$ ), con cuatro cifras significativas.

## 11 PRECISIÓN Y SESGO

**11.1** *Precisión* – El criterio para juzgar la aceptabilidad de los resultados de los ensayos es el siguiente:

TIPO DE ÍNDICE	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (1s)	RANGO ACEPTABLE ENTRE DOS RESULTADOS (d2s)
Precisión de un solo operador	0.007	0.020
Precisión multilaboratorio	0.009	0.025

**11.1.1** Estas estimaciones se basan en tres mezclas diferentes, con diferencias en la composición de agregados, la granulometría, el tipo de ligante y el contenido de asfalto. Las mezclas utilizadas para la determinación de los valores de precisión fueron elaboradas en planta.

**11.2** *Sesgo* – No hay un valor verdadero disponible para la gravedad específica máxima del material. Por lo tanto, no se puede hacer ninguna declaración en relación con el sesgo para las medidas realizadas en el estudio entre laboratorios.

## 12 NORMAS DE REFERENCIA

ASTM D6857/D6857M – 11

### ANEXO A (Informativo)

#### EJEMPLO DE FORMATO PARA LA TOMA DE DATOS Y EL CÁLCULO DE LAGRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA

MUESTRA No.	A PESO DE LA BOLSA (g)	B PESO DE LA MUESTRA AL AIRE (g)	C PESO DE LAS BOLSAS Y LA MUESTRA SUMERGIDAS (g)	D VOLUMEN TOTAL EN EL AGUA = (A+B) – C	E VOLUMEN DE LA BOLSA A/V <sub>c</sub>	F VOLUMEN DE LA MUESTRA D – E	G GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA B/F

Nota: V<sub>c</sub> = Gravedad específica aparente combinada de las dos bolsas plásticas a 25° C (77° F), la cual debe ser suministrada por el fabricante de ellas.