

# GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

INV E – 735 – 13

## 1 OBJETO

- 1.1** Esta norma de ensayo se refiere al procedimiento para determinar la gravedad específica máxima a 25° C (77° F) de mezclas asfálticas en caliente para pavimentos. Para determinarla, las mezclas se ensayan en estado suelto.

*Nota 1: La precisión del método es mejor cuando el procedimiento se aplica a muestras que contienen agregados completamente cubiertos. Para asegurar cubrimiento total es deseable aplicar el método en muestras que estén cerca del contenido óptimo de asfalto.*

- 1.2** Esta norma reemplaza la norma INV E–735–07.

## 2 DEFINICIONES

- 2.1** *Densidad, como se determina en este método de ensayo* – Masa de un metro cúbico de material a 25° C (77° F).
- 2.2** *Presión residual, como se emplea en este método de ensayo* – Presión en un frasco de vacío al aplicar el vacío.
- 2.3** *Gravedad específica, como se determina en este método de ensayo* – Relación entre una masa dada de material a 25° C (77° F) y la masa de un volumen igual de agua a la misma temperatura.

## 3 RESUMEN DEL MÉTODO DE ENSAYO

- 3.1** Se coloca una muestra de mezcla asfáltica suelta, seca al horno y previamente pesada, en un frasco de vacío tarado. Se agrega suficiente agua a 25° C (77° F) para que la muestra quede sumergida. Se aplica vacío gradualmente para reducir la presión residual en el frasco a 4.0 kPa (30.0 mm Hg) o menos y se sostiene durante  $15.0 \pm 2$  min. Al final del período de aplicación del vacío, éste se retira gradualmente. El volumen de la muestra de mezcla asfáltica se obtiene sumergiendo en un baño de agua el frasco de vacío con la muestra y pesándolo o llenándolo hasta el nivel de enrase con agua y pesando en el aire.

La temperatura y la masa se miden al mismo tiempo. A partir de estas medidas de masa y de volumen se calculan la gravedad específica o la densidad a 25° C (77° F).

## 4 IMPORTANCIA Y USO

- 4.1** Los valores máximos de gravedad específica y de densidad de mezclas asfálticas para pavimentación son propiedades fundamentales, cuyos valores están afectados por la composición de la mezcla en términos de los tipos y dosificaciones de agregados y de materiales asfálticos.
- 4.1.1** El valor de la gravedad específica máxima se usa: (1) para calcular el porcentaje de vacíos con aire en una mezcla asfáltica en caliente compactada; (2) para calcular la cantidad de asfalto absorbido por el agregado, y (3) para suministrar valores de referencia para las mezclas asfálticas que se emplean en la construcción de pavimentos.

## 5 EQUIPO

### 5.1 Recipientes:

**5.1.1** *Picnómetros de vacío (Figura 735 - 1)* – Recipientes de metal o plástico con un diámetro de 180 a 260 mm (7 a 10") y una altura no menor de 160 mm (6"). Deben estar equipados con una tapa transparente asegurada con un empaque de caucho y con una conexión para la aplicación del vacío. El recipiente y la tapa deben ser suficientemente rígidos para soportar el vacío sin deformaciones visibles. La conexión a la manguera debe estar cubierta por un trozo de malla fina, con el fin de minimizar la pérdida de material fino.

*Nota 2: La tapa transparente permite observar la liberación de las burbujas de aire.*



Figura 735 - 1. Picnómetro de vacío y dispositivo de agitación

- 5.1.2 Matraz para vacío (Figura 735 - 2)** – Utilizado para hacer pesadas únicamente en el aire. Debe ser de pared gruesa, con una capacidad aproximada de 4000 ml y con un tapón de caucho con conexión para la aplicación de vacío. La conexión a la manguera debe estar cubierta por un trozo de malla fina, con el fin de minimizar la pérdida de material fino.
- 5.2 Balanza** – Con capacidad amplia y sensibilidad suficiente para que se pueda calcular la gravedad específica de las muestras de mezclas asfálticas sueltas para pavimentos con no menos de cuatro cifras significativas (3 decimales). Si se van a medir masas sumergidas, la balanza deberá estar equipada con un dispositivo para sostener y permitir el pesaje de la muestra mientras se encuentre suspendida bajo del centro de la balanza.
- 5.3 Bomba de vacío o aspirador de agua** – Que pueda evacuar el aire del recipiente de vacío hasta una presión residual de 4.0 kPa (30 mm Hg) o menos.
- 5.3.1** Cuando se use una bomba de vacío, se debe instalar entre el recipiente de vacío (picnómetro o matraz) y la fuente de vacío una trampa apropiada, para reducir la cantidad de vapor de agua que pueda entrar en la bomba, la cual hace disminuir su eficiencia (Figura 735 - 3).



Figura 735 - 2. Matraz de vacío

- 5.4 Manómetro de presión residual o celda de presión absoluta calibrada** – Se usa para confirmar que se está aplicando la presión al recipiente y debe ser capaz

de medir una presión residual de 4 kPa (30 mm Hg) o menos (preferiblemente hasta 0). Debe estar conectado al final de la línea de vacío utilizando un tubo apropiado, ya sea un conector en "T" en la parte superior del frasco o usando una abertura separada (de la línea de vacío) en la parte superior del frasco para conectar la manguera. Para evitar daño del manómetro o de la celda, ellos no se deben situar en la parte superior del recipiente, sino a un lado del mismo.

*Nota 3: La presión residual en mm Hg en el recipiente de vacío es la diferencia en la altura del mercurio.*

- 5.5 Manómetro de vacío** – Apropiado para medir el vacío que se está aplicando en la fuente de vacío. Este aparato debe estar conectado directamente a la fuente de vacío o en la línea de vacío, pero muy cerca de la fuente.

*Nota 4: El conector de un manómetro de presión residual a la línea de vacío adquiere ocasionalmente una o más burbujas de aire que causan errores en la lectura de la presión residual. El manómetro de vacío adicional brinda un medio para detectar rápidamente las diferencias entre las dos medidas de vacío.*

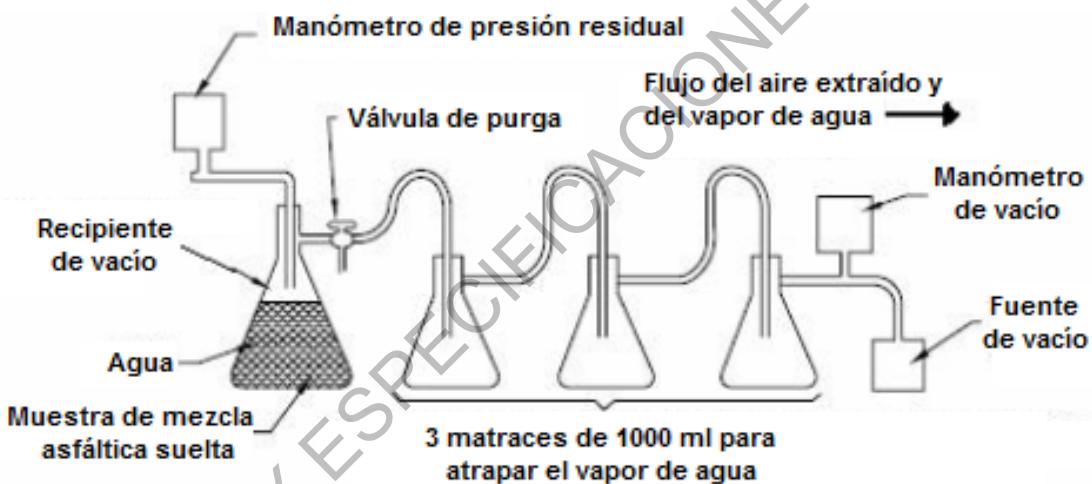


Figura 735 - 3. Ejemplo de un ensamble correcto del equipo de ensayo

- 5.6 Termómetros** – De líquido en vidrio, calibrados, de un rango apropiado para las necesidades del ensayo, con subdivisiones y error máximo de escala de  $0.5^{\circ}\text{ C}$  ( $1^{\circ}\text{ F}$ ).
- 5.7 Baño de agua** – Que pueda mantener una temperatura constante de  $25 \pm 1^{\circ}\text{ C}$  ( $77 \pm 1.8^{\circ}\text{ F}$ ). Sus dimensiones deben ser tales, que permita la inmersión del recipiente suspendido con su muestra desaireada.
- 5.8 Válvula de purga** – Colocada junto a la línea de vacío para facilitar el ajuste del vacío que está siendo aplicado al recipiente y la liberación lenta de la presión de vacío.

- 5.9** *Dispositivo de agitación mecánica (Figura 735 - 1)* – Capaz de aplicar una agitación suave pero consistente a la muestra. Este dispositivo debe estar equipado con un sistema para asegurar firmemente el recipiente, de forma que éste no se mueva sobre la superficie del dispositivo.

*Nota 5: Si la adherencia del asfalto con el agregado es un problema, el dispositivo de agitación debe estar equipado con un control de velocidad.*

- 5.10 Horno** – Capaz de mantener una temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  ( $230 \pm 9^\circ\text{F}$ ). Este horno es necesario cuando se ensayan muestras diferentes a las preparadas en el laboratorio usando agregados secos al horno.

## 6 MUESTREO

---

- 6.1** La muestra se debe obtener de acuerdo con la norma INV E-731.

- 6.2** El tamaño de la muestra debe cumplir los siguientes requisitos:

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO mm (pg.)	TAMAÑO MÍNIMO DE LA MUESTRA g
37.5 ( $1\frac{1}{2}$ ) o mayor	5000
19 a 25 ( $\frac{3}{4}$ a 1)	2500
12.5 ( $\frac{1}{2}$ ) o menor	1500

- 6.3** Las muestras cuyo tamaño sea mayor a los dos tercios del volumen del recipiente se deben ensayar en porciones no menores de 1250 g.

## 7 CALIBRACIÓN DE LOS RECIPIENTES

---

- 7.1 Picnómetro** – Se calibra el recipiente mediante la determinación exacta de su masa cuando está sumergido en agua a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  ( $77 \pm 1.8^\circ\text{F}$ ). Se registra esta masa como B.

- 7.1.1** Si el picnómetro se usa para pesajes en el aire, se le coloca su tapa mientras está sumergido. Se retira el recipiente lleno de agua con la tapa en su lugar y se seca antes de determinar la masa combinada del picnómetro lleno de agua más la tapa. Se repite tres veces esta

operación y se promedian los resultados. Se designa la masa promedio del conjunto como D.

- 7.2 Matraces** – Se calibra el frasco volumétrico (matraz) determinando con exactitud su masa lleno con agua a  $25 \pm 1^\circ \text{C}$  ( $77 \pm 1.8^\circ \text{F}$ ). Se designa esta masa como D. Se debe asegurar el llenado exacto del matraz con agua, cubriéndolo con una placa de vidrio o de otro material similar (*Figura 735 - 4*).



Figura 735 - 4. Placa de vidrio sobre el matraz lleno de agua

## 8 PROCEDIMIENTO

- 8.1** Si la mezcla asfáltica se ha preparado en el laboratorio empleando agregados secados al horno, se pasa al numeral 8.2. Cualquier otra muestra requiere secado hasta masa constante (masa que se repite dentro de un rango de 0.1 % en determinaciones consecutivas de 15 minutos) a  $110 \pm 5^\circ \text{C}$  ( $230 \pm 10^\circ \text{F}$ ).
- 8.2** Una vez que la muestra está seca y mientras aun se encuentre tibia, se separan a mano las partículas de la muestra, teniendo cuidado de no fracturarlas, de tal manera que las partículas de la porción del agregado fino no sean mayores de 6 mm ( $\frac{1}{4}''$ ) (*Figura 735 - 5*). Se permite que la muestra se enfrie a temperatura ambiente. Si las partículas separadas se unen unas con otras después de que la muestra se ha enfriado a temperatura ambiente, las partículas de la porción del agregado fino se separan cuidadosamente de manera que no sean mayores de 6 mm ( $\frac{1}{4}''$ ). Se vierte la muestra directamente en el picnómetro o en el matraz previamente tarados. Se pesa el recipiente con la muestra y se designa la masa neta (únicamente la masa de la muestra) como A.



Figura 735 - 5. Separación manual de las partículas de la muestra

- 8.3** Se agrega agua suficiente a 25° C (77° F) para cubrir la muestra por completo. Se coloca la tapa del picnómetro o el tapón del matraz, según corresponda.
- 8.4** Se coloca el recipiente (picnómetro o matraz) con la muestra y agua sobre un dispositivo de agitación mecánica y se asegura a la superficie de éste. Se pone en marcha la agitación e inmediatamente se comienza a remover el aire atrapado en la muestra aumentando gradualmente la presión de vacío hasta que el manómetro de presión residual marca  $3.7 \pm 0.3$  kPa ( $27.5 \pm 2.5$  mm Hg). El vacío se deberá alcanzar en un término de 2 minutos y una vez alcanzado, se continuarán el vacío y la agitación durante  $15 \pm 2$  minutos (Figura 735 - 6).



Figura 735 - 6. Remoción de burbujas por agitación y vacío

- 8.5** Se libera gradualmente la presión de vacío usando la válvula de purga y se procede de acuerdo con alguna de las siguientes determinaciones:

- 8.5.1** *Pesando en el agua* – Se suspende el picnómetro (sin la tapa) con su contenido dentro del baño de agua y se determina su masa después de una inmersión de  $10 \pm 1$  min. Se mide y registra la temperatura del baño. Se designa la masa sumergida del picnómetro con la muestra como C.
- 8.5.2** *Pesando en el aire (picnómetro)* – Se sumerge lentamente el picnómetro con la muestra en el baño a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  ( $77 \pm 1.8^\circ\text{F}$ ) y se mantiene allí durante  $10 \pm 1$  min. La tapa se deberá colocar también dentro del baño de agua al mismo tiempo. Se desliza la tapa sobre el picnómetro sin removerla del agua con el fin de evitar que quede aire atrapado y, entonces, se presiona con firmeza para cerrar el picnómetro. Se remueve el picnómetro del baño y se seca cuidadosamente. Se determina la masa del picnómetro más la muestra más la tapa. Se mide y anota la temperatura del agua en el picnómetro. Se repite el procedimiento una segunda vez, quitándole la tapa al picnómetro y se coloca de nuevo junto con la tapa en el baño de agua. No es necesario esperar los 10 minutos antes de tomar la segunda medida. Si la masa varía en más de 1 g en relación con la determinada la primera vez, se repite el procedimiento hasta obtener dos masas consecutivas dentro del límite de 1 g. Se designa la masa promedio de estas dos lecturas como E (masa del picnómetro con la tapa, el agua y la muestra).
- 8.5.3** *Pesando en el aire (matraz)* – Se llena lentamente el matraz con agua teniendo el cuidado de no introducir aire dentro de la muestra. Se coloca el frasco en el baño de agua por  $10 \pm 1$  min para estabilizar la temperatura, pero sin sumergir la parte superior del frasco. Se mide y anota la temperatura del agua en el frasco. Se retira el termómetro y se llena completamente el frasco utilizando la placa de vidrio, cuidando de que no queden burbujas de aire atrapadas bajo ella. Se deberá utilizar la misma placa empleada durante la calibración del matraz. Se seca cualquier humedad presente en el exterior del matraz y de la placa de vidrio (Figura 735 - 7). Se determina la masa del matraz más la placa, más la muestra, más agua. Se designa esta masa como E.



Figura 735 - 7. Secado de la placa de vidrio y del exterior del matraz

## 9 CÁLCULOS

**9.1** Se calcula la gravedad específica máxima de la muestra como sigue:

**9.1.1** *Determinación en el caso de pesadas dentro del agua (muestra en el picnómetro):*

$$G_{mm} = \frac{A}{A - (C - B)} \quad [735.1]$$

Donde:  $G_{mm}$ : Gravedad específica máxima de la mezcla;

A: Masa en el aire de la muestra seca, g;

B: Masa del picnómetro sumergido en agua, g;

C: Masa del recipiente con la muestra, sumergido en agua, g.

**9.1.2** *Determinación en el caso de pesadas en el aire (muestra en el picnómetro):*

$$G_{mm} = \frac{A}{A + D - E} \quad [735.2]$$

Donde:  $G_{mm}$ : Gravedad específica máxima de la mezcla;

- A: Masa en el aire de la muestra seca, g;
- D: Masa de la tapa más el picnómetro lleno con agua a 25° C (77° F), g;
- E: Masa del picnómetro con la tapa, el agua y la muestra a 25° C (77° F), g.

**9.1.3 Determinación con el matraz:**

$$G_{mm} = \frac{A}{A + D - E} \quad [735.3]$$

Donde:  $G_{mm}$ : Gravedad específica máxima de la mezcla;

- A: Masa en el aire de la muestra seca, g;
- D: Masa de la placa de vidrio más el frasco lleno con agua a 25° C (77° F), g;
- E: Masa del frasco con la placa, el agua y la muestra a 25° C (77° F), g.

- 9.2** Si la muestra se ensayó en varias porciones, se informa la gravedad específica máxima promedio ponderada de todas las porciones ensayadas.

---

**10 PROCEDIMIENTO SUPLEMENTARIO PARA MEZCLAS QUE CONTIENEN UN AGREGADO POROSO**

---

- 10.1** Si los poros de los agregados no están completamente sellados por una película asfáltica, se pueden llegar a saturar con agua durante el procedimiento de vacío. Para determinar si esto ha ocurrido, se procede como sigue, después de completar el procedimiento indicado en los numerales 8.5.1, 8.5.2 u 8.5.3, según corresponda.

**10.1.1** Se drena el agua del recipiente. Para prevenir la pérdida de partículas finas, se decanta el agua a través de un tamiz de 75 µm (No. 200).

**10.1.2** Se rompen varias partículas grandes del agregado y se examinan las superficies rotas para ver si contienen humedad. Si se presenta alguna

duda o si el material evidentemente ha absorbido agua, se continúa con el procedimiento descrito en los numerales siguientes, con el fin de determinar si se requiere una corrección.

- 10.2** Si el agregado ha absorbido agua, se extiende la muestra sobre una bandeja plana de superficie no absorbente y se coloca en frente de un ventilador eléctrico para remover la humedad superficial (Figura 735 - 8). Se destruyen manualmente las aglomeraciones de partículas que presente la mezcla. Se agita la muestra intermitentemente, de manera que las partículas de agregado se enrollen en lugar de que solo se desplacen horizontalmente sobre la bandeja. Este proceso toma alrededor de 2 horas. Se debe evitar la pérdida de partículas de la mezcla.
- 10.3** Se pesa la bandeja con la muestra a intervalos de 15 minutos. Cuando la pérdida de la masa sea menor de 0.05 % para este intervalo, se considera que la muestra está superficialmente seca.
- 10.4** Esta masa final de la muestra superficialmente reemplazará el valor de A en el denominador de las ecuaciones de la Sección 9 (solamente en el denominador).



Figura 735 - 8. Muestra extendida en la bandeja sometida a secado frente al ventilador

## 11 INFORME

- 11.1** El informe debe incluir lo siguiente:

**11.1.1** Gravedad específica máxima,  $G_{mm}$ , con tres cifras decimales.

**11.1.2** Tipo de mezcla.

**11.1.3** Tamaño de la muestra.

**11.1.4** Número de muestras.

**11.1.5** Tipo de recipiente.

**11.1.6** Tipo de procedimiento.

## 12 PRECISIÓN Y SESGO

**12.1** *Precisión* – Los criterios para juzgar la aceptabilidad de los resultados de los ensayos de gravedad específica, obtenidos mediante este método de ensayo, son los siguientes:

Tabla 735 - 1. Estimativos de precisión

CONDICIONES DEL ENSAYO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (1s)	RANGO ACEPTABLE ENTRE 2 RESULTADOS (d2s)
<i>Resultados de ensayos obtenidos sin usar la Sección 10:</i> Precisión de un solo operador Precisión multi-laboratorio	0.0080 0.0160	0.023 0.044
<i>Resultados de ensayos obtenidos usando la Sección 10 (sólo el método del recipiente):</i> Precisión de un solo operador Precisión multi-laboratorio	0.0064 0.0193	0.018 0.055

**12.2** Las cifras de la columna 2 son las desviaciones estándar que se han encontrado apropiadas para las condiciones de ensayo descritas en la columna 1. Las cifras dadas en la columna 3 son los límites que no se deberán exceder por la diferencia entre los resultados de dos ensayos adecuadamente ejecutados.

**12.3** Los valores en la columna 3 corresponden al intervalo aceptable para 2 ensayos. Cuando se evalúan más de dos resultados, se debe incrementar el intervalo dado en la columna 3. Se multiplica la desviación estándar de la columna 2 por el multiplicador dado en la Tabla 735 - 2 para el número real de ensayos.

Tabla 735 - 2. Rangos máximos aceptables

NÚMERO DE ENSAYOS	MULTIPLICADOR PARA 1s
2	2.8
3	3.3
4	3.6
5	3.9
6	4.0
7	4.2
8	4.3
9	4.4
10	4.5

**12.3.1** Ejemplo para 3 ensayos:  $0.0160 \times 3.3 = 0.0528$

**12.4 Sesgo** – Debido a que no hay un material de referencia adecuado para determinar el sesgo por este método de ensayo, no se hace una declaración sobre el particular.

## **13 DOCUMENTOS DE REFERENCIA**

---

ASTM D2041/D2041M-11

<http://www.ctqpflorida.com/books/pdf/Asphalt%20Plant%201/06%20%20Module%206%20-%20Maximum%20Specific%20Gravity%202009%20Student%20Manual.pdf>

<http://www.pavementinteractive.org/article/theoretical-maximum-specific-gravity/>