

# MÉTODO DE ENSAYO PARA MEDIR LA RECUPERACIÓN ELÁSTICA DE MATERIALES ASFÁLTICOS UTILIZANDO EL DUCTILÓMETRO

INV E – 742 – 13

## 1 OBJETO

- 1.1** Esta norma describe el procedimiento que se debe seguir para determinar la recuperación elástica de una probeta de material asfáltico que se corta mientras se somete a la prueba de ductilidad, bajo condiciones especificadas de temperatura y velocidad. Mientras no se especifique algo diferente, la prueba se debe realizar a una temperatura de  $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$  ( $77 \pm 0.9^\circ\text{F}$ ) y a una velocidad de tracción de  $5\text{ cm/min} \pm 5\%$ .
- 1.2** Esta norma reemplaza la norma INV E–742–07.

## 2 RESUMEN DEL MÉTODO

- 2.1** Dos extremos de una probeta confeccionada con la muestra se estiran hasta una determinada distancia, a una velocidad y temperatura predeterminadas. Despues, se corta la probeta en un punto equidistante de ambos extremos. Transcurrido un tiempo, se calcula la longitud de la contracción sufrida por la muestra, con la cual se determina la recuperación elástica porcentual.

## 3 IMPORTANCIA Y USO

- 3.1** El ensayo permite verificar si se ha añadido al asfalto un material que le proporcione una característica elastomérica significativa. No es necesario determinar ni el tipo ni la cantidad de material elastomérico añadido.

## 4 EQUIPO

- 4.1** *Moldes* – Similares en diseño a los mostrados en la Figura 742 - 1 y con las dimensiones y tolerancias indicadas en ella. Su construcción será de bronce o de latón, con un espesor de  $10 \pm 0.1\text{ mm}$ . Sus extremos b y b' se denominan “pinzas” (nota 1), y las partes a y a’ “piezas laterales”. Al armar el molde se

obtiene una probeta de forma y dimensiones especificadas. El molde debe estar acompañado de una placa plana de base de bronce o latón, de dimensiones laterales algo mayores que las de aquel (Figura 742 - 2).

*Nota 1: Las pinzas del molde son las mismas que se especifican en la norma INV E-702.*

- 4.2 Baño de agua** – El baño se debe mantener a la temperatura de ensayo especificada, con una tolerancia de  $\pm 0.1^\circ\text{C}$  ( $\pm 0.18^\circ\text{F}$ ). El volumen mínimo de agua será de 10 litros. La altura de la lámina de agua no debe ser menor de 100 mm sobre la probeta y ésta deberá apoyarse sobre una placa perforada que se encuentre a una profundidad no menor de 50 mm en relación con el fondo del baño.

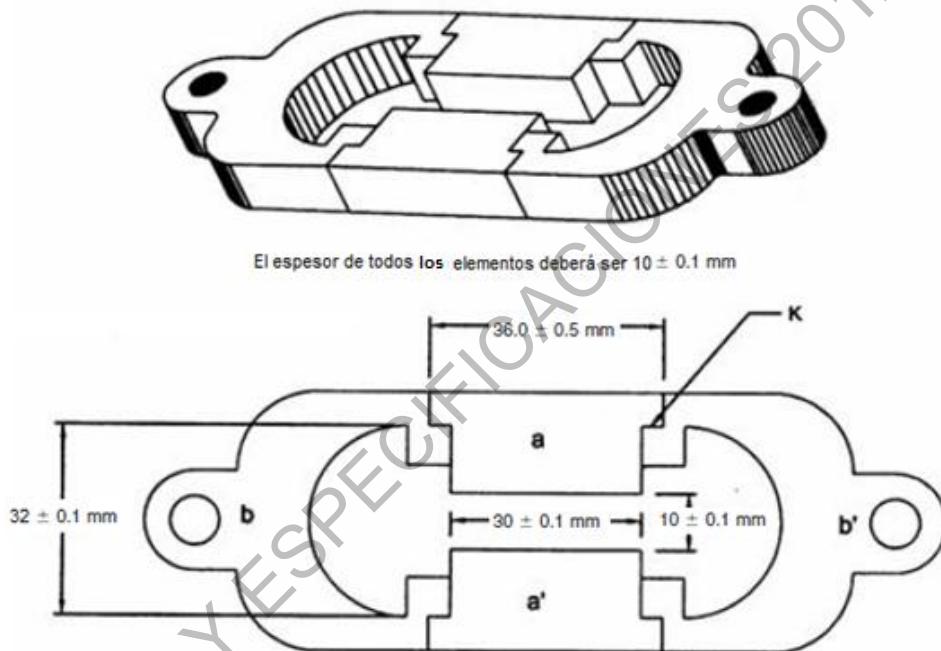


Figura 742 - 1. Molde para la muestra del ensayo de recuperación elástica

- 4.3 Máquina de ensayo (Ductilómetro)** – Para someter a tracción las probetas de material bituminoso se puede usar cualquier aparato construido de modo que la muestra se encuentre continuamente sumergida en agua, al mismo tiempo que las dos pinzas que sostienen las probetas se separan a una velocidad uniforme con una tolerancia de  $\pm 5\%$  y sin una vibración excesiva. El agua en el tanque de la máquina de ensayo debe cubrir la probeta, por encima y por debajo, con una lámina no menor de 2.5 cm y su temperatura deberá ser la especificada para el ensayo  $\pm 0.5^\circ\text{C}$  ( $0.9^\circ\text{F}$ ). La máquina debe tener un dispositivo que permita medir el alargamiento de la probeta, en cm (nota 2).

*Nota 2: La máquina de ensayo es la misma que se especifica en la norma INV E-702.*

- 4.4 Termómetro** – Se requiere un termómetro de alguna de las siguientes características (nota 3):

<b>REFERENCIA</b>	ASTM 63C	ASTM 63F
<b>RANGO</b>	-8° C a 32° C	18° F a 89° F
<b>GRADUACIONES</b>	0.1° C	0.2° F
<b>LONGITUD TOTAL</b>	379 ± 5 mm	14 15/16 ± 3/16"
<b>EXACTITUD</b>	± 0.1° C	± 0.2° C
<b>INMERSIÓN</b>	Total	Total

*Nota 3: Si las probetas para este ensayo de ductilidad se acondicionan a 25° C (77° F) en el baño de agua del ensayo de penetración, se puede utilizar el termómetro prescrito para dicho ensayo.*

- 4.5 Producto desmoldante** – Una mezcla como glicerina y dextrina; talco o caolín, para cubrir el fondo y los lados del molde y prevenir que la probeta de ensayo se adhiera a él y a la placa de base. Se pueden emplear otros materiales, si está demostrado que no afectan las propiedades físicas de la probeta.
- 4.6 Horno** – Capaz de mantener en la temperatura de calentamiento requerida por la muestra de asfalto para poder fluir ± 5° C (± 10° F).
- 4.7 Espátula** – De bordes rectos y de mayor anchura que el espécimen que debe enrasar.
- 4.8 Tamices** – De 76 mm de diámetro y de aberturas de malla de 300 µm (No. 50) y de 850 µm (No. 20).
- 4.9 Tijeras** – Para proveer un corte recto del hilo del asfalto en el momento especificado.

## 5 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

- 5.1 Residuo de emulsión asfáltica** – Si la muestra a ensayar corresponde al residuo de la destilación de una emulsión a 260° C (500° F) o al producto de la destilación de una emulsión modificada con polímero a una temperatura más baja, se agita el residuo en el matraz e inmediatamente se vierten porciones de él en los moldes de ensayo. Si se sospecha que existe material extraño dentro del residuo, éste se deberá pasar por un tamiz con aberturas de 300 µm (No. 50), precalentado a 135 ± 5° C (275 ± 10° C), antes de verterlo en los moldes de ensayo (nota 4).

*Nota 4: Si el residuo de la emulsión es de alta viscosidad, se deberá usar un tamiz de 850 µm (No. 20).*

- 5.2** *Muestra que se encuentra a temperatura ambiente* – Si la muestra corresponde a un cemento asfáltico convencional o modificado con un polímero, se calienta éste cuidadosamente en un recipiente cubierto evitando sobrecalentamientos locales, hasta que adquiera la fluidez necesaria para ser vertido. Para ello, se deberá usar un horno ajustado a  $135 \pm 5^\circ\text{C}$  ( $275 \pm 10^\circ\text{F}$ ). La muestra calentada de esta manera se pasará a través del tamiz de  $300\text{ }\mu\text{m}$  (No. 50) antes de verterla en el molde (nota 5).

*Nota 5: Si la muestra no alcanza la fluidez suficiente a  $135^\circ\text{C}$  ( $275^\circ\text{F}$ ), se deberá calentar a una temperatura mayor. Si el material es muy viscoso y no pasa el tamiz de  $300\text{ }\mu\text{m}$  (No. 50), se deberá usar un tamiz de  $850\text{ }\mu\text{m}$  (No. 20).*

## 6 PROCEDIMIENTO

- 6.1** *Preparación del molde* – Se arma el molde sobre la placa de base. Se cubre cuidadosamente la superficie de la placa y las superficies interiores de las piezas laterales a y a' del molde con una película delgada del producto desmoldante, para prevenir que el material a ensayar se adhiera a ellas. La placa sobre la cual se coloca el molde debe estar perfectamente plana y a nivel, de modo que quede en contacto completo con la superficie inferior del molde.
- 6.2** Una vez preparada la muestra como se describe en la Sección 5, se agita por completo y se vierte dentro del molde con todo cuidado, para no desordenar el correcto montaje de las piezas de éste, ya que ello distorsionará la probeta de ensayo. El asfalto se vierte en forma de chorro fino en un recorrido alternativo de extremo a extremo, hasta llenar completamente el molde con un ligero exceso, evitando la inclusión de burbujas de aire. El molde lleno se deja enfriar a temperatura ambiente por un período de 30 a 40 min y, a continuación, se coloca por  $30 \pm 5$  minutos en el baño de agua, mantenido a la temperatura de ensayo especificada. Pasado este tiempo, se remueve el molde del agua y se corta el exceso de ligante asfáltico con una espátula o un cuchillo caliente, resistente y afilado, de modo que el molde se ajuste al nivel de llenado.
- 6.3** *Conservación de las muestras a temperatura de ensayo* – Se colocan la placa y el molde con la probeta asfáltica en el baño de agua donde se deberán mantener durante  $90 \pm 5$  min a la temperatura especificada. En seguida, se saca el conjunto del agua, se remueven cuidadosamente las piezas laterales a y a' del molde (Figura 742 - 2) y se separa el molde de la placa con un suave movimiento deslizante, evitando que la muestra se pandee. Inmediatamente, se monta la probeta en el ductilómetro, introduciendo cada pareja de clavijas de los sistemas fijo y móvil del molde en los orificios correspondientes de cada pinza y se inicia el ensayo de tracción.

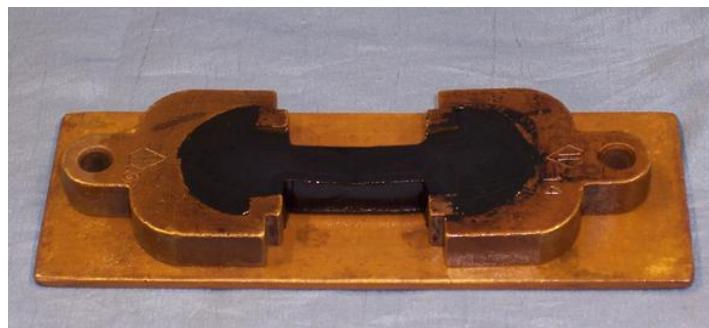


Figura 742 - 2. Molde con la muestra y sin las piezas laterales

**6.4 Ensayo de tracción, Procedimiento A** – Se enganchan los orificios de cada extremo de las pinzas a las clavijas del ductilómetro y se separan a la velocidad uniforme especificada de  $5 \text{ cm/min} \pm 5.0\%$  hasta una longitud de  $10 \pm 0.25 \text{ cm}$ , salvo que se especifique otra cosa (Figura 742 - 3a). Se detiene el motor de arrastre cuando el estiramiento de la muestra alcance la longitud indicada. Inmediatamente, se corta la muestra por su punto medio con las tijeras (Figura 742 - 3b). Se espera 1 hora (Figura 742 - 3c), luego de la cual se retrocede lentamente el soporte móvil del ductilómetro hasta que se toquen los dos extremos de la probeta (Figura 742 - 3d). Si los extremos se han hundido, se deberán levantar con cuidado hasta su nivel original antes de haberlos acercado lo suficiente para que se toquen. Se anota la longitud total del espécimen con los extremos cortados, justo cuando ellos se tocan.

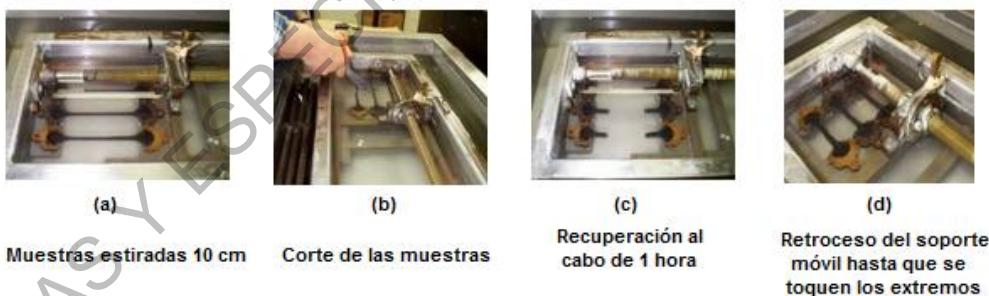


Figura 742 - 3. Ensayo por el procedimiento A

**6.5 Ensayo de tracción, Procedimiento B** – Se enganchan los orificios de cada extremo de las pinzas a las clavijas del ductilómetro y se separan a la velocidad uniforme especificada de  $5 \text{ cm/min} \pm 5.0\%$  hasta una longitud de  $20 \pm 0.25 \text{ cm}$ . Se detiene el motor de arrastre cuando el estiramiento de la muestra alcance la longitud indicada. Se deja la muestra en reposo durante 5 min. Entonces, se corta por su punto medio con las tijeras. Se permite que el espécimen permanezca en la máquina de ensayo en condición inalterada durante 60 min, manteniendo el agua a la temperatura especificada. Cumplido este plazo, se retrocede lentamente el soporte móvil del ductilómetro hasta que se toquen

los dos extremos de la probeta. Si los extremos se han hundido, se deberán levantar con cuidado hasta su nivel original, antes de haberlos acercado lo suficiente para que se toquen. Se anota la longitud total del espécimen con los extremos cortados, justo cuando ellos se tocan.

- 6.6 Si el material asfáltico entra en contacto con la superficie del agua o con el fondo del baño del ductilómetro durante el estiramiento, se considera que el ensayo no es normal. En este caso, se deberá ajustar la gravedad específica del baño agregando metanol o cloruro de sodio, según lo que haya sucedido, y se realizará un nuevo ensayo.
- 6.7 Si la muestra se parte antes de alcanzar la elongación especificada, también se considerará que el ensayo es anormal.

## 7 CÁLCULOS E INFORME

- 7.1 El porcentaje de recuperación elástica se calcula como sigue:

$$\% \text{ recuperación} = \frac{E - X}{E} \times 100 \quad [742.1]$$

Donde: E: Alargamiento original de la muestra (10 o 20 cm);

X: Alargamiento de la muestra cuando sus extremos cortados se ponen justo en contacto, cm con un decimal;

- 7.1.1 El valor se calculado se informará como la recuperación elástica de la muestra, redondeado al entero porcentual.
- 7.2 Si al intentar realizar tres ensayos consecutivos, se llega a la conclusión de que ellos no son normales (numerales 6.6 y 6.7) se informará que resulta imposible obtener la recuperación elástica bajo las condiciones que especifica el ensayo.
- 7.3 En el informe se deberá mencionar la procedencia, tipo e historia térmica de la muestra (temperatura de destilación, si aplica; temperatura de colocación en el molde; si la muestra ha sido recalentada, etc.)

## 8 PRECISIÓN Y SESGO

- 8.1** *Precisión del procedimiento A* – Los criterios para juzgar la aceptabilidad de dos medidas simples por este método de ensayo; son los siguientes:

INDICADOR Y TIPO DE ASFALTO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (1s)	RANGO ACEPTABLE ENTRE 2 RESULTADOS (d2s)
<i>Precisión de un solo operador:</i> Asfalto convencional Asfalto modificado	0.91 0.56	2.6 1.6
<i>Precisión multi-laboratorio:</i> Asfalto convencional Asfalto modificado	2.32 1.71	6.5 4.8

- 8.2** *Precisión del procedimiento B* – Los criterios para juzgar la aceptabilidad de dos medidas simples por este método de ensayo se basan en un estudio realizado en 11 laboratorios sobre 3 muestras de asfaltos modificados con polímeros. Los materiales y las determinaciones promedio para cada asfalto (basadas en tres medidas), fueron los siguientes:

ASFALTO (CLASIFICACIÓN SUPERPAVE)	RECUPERACIÓN ELÁSTICA PROMEDIO (%)
PG 70-28	58.67
PG 76-22	78.51
PG 64-34	95.71

- 8.3** *Precisión de un solo operador para juegos de tres ensayos promediados y reportados como un resultado de ensayo:*

- 8.3.1** El estudio exigió que se informara el promedio de tres ensayos. Para materiales cuya recuperación elástica fue menor de 75 %, se encontró que la desviación estándar (1s) fue 1.93 %. Por lo tanto, el rango (diferencia entre los resultados mayor y menor) de las tres medidas individuales usadas en el cálculo del promedio, no debe exceder de 12 %. En el caso de materiales con recuperación elástica superior a 75 %, se encontró que la desviación estándar (1s) fue 0.56 %. Por lo tanto, el

rango de las tres medidas individuales usadas en el cálculo del promedio, no debe exceder de 3.5 %.

**8.4 Para promedios basados en tres medidas:**

- 8.4.1** El coeficiente de variación de un solo operador fue 1.74 %. Por consiguiente, los resultados obtenidos por el mismo operador al realizar correctamente dos ensayos sobre la misma muestra y empleando el mismo ductilómetro, no deben diferir en más de 5.0 % con respecto a su promedio.
- 8.4.2** El coeficiente de variación multi-laboratorio fue 2.29 %. Por lo tanto, los resultados obtenidos en dos laboratorios al realizar ensayos sobre muestras idénticas, no deben diferir en más de 6.5 % con respecto a su promedio.
- 8.5 Sesgo** – Debido a que no hay un material de referencia aceptado para determinar el sesgo en este método de ensayo, no se presenta una declaración sobre él.

## 9 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

---

ASTM D 6084-06

PRI ASPHALT TECHNOLOGIES, INC, "Asphalt binders: Ground tire rubber modified"

<http://www.utexas.edu/research/superpave/articles/er.html>