

## CAPÍTULO A0103 - MÉTODO DE ENSAYO DE PENETRACIÓN (ASTM D5 - AASHTO T49-97)

### OBJETO

Este método describe un procedimiento para determinar la dureza, mediante penetración, de materiales bituminosos sólidos y semisólidos. **ANEXO DETALLES ESPECIFICOS AO 103**

El ensayo de penetración se usa como una medida de consistencia; valores altos de penetración indican consistencias más blandas.

### EQUIPOS Y MATERIALES

#### 1. Penetrómetro

Cualquier equipo que permita el movimiento vertical sin fricción apreciable del vástago sostenedor de la aguja, y que sea capaz de indicar la profundidad de la penetración con una precisión de 0,1 mm. El peso del vástago será de  $47,5 \pm 0,05$  g. El peso total de la aguja y el vástago será de  $50,0 \pm 0,05$  g. Para cargas totales de 100 g y 200 g, dependiendo de las condiciones en que se aplique el ensayo, se estipulan pesas de  $50,0 \pm 0,05$  g y  $100,0 \pm 0,05$  g.

La superficie sobre la que se apoya la cápsula que contiene la muestra será lisa y el eje del émbolo deberá estar aproximadamente a  $90^\circ$  de esta superficie. El vástago deberá ser fácilmente desmontable para comprobar su peso.



**EQUIPO PARA EL ENSAYO DE PENETRACIÓN**

## 2. Aguja de penetración

La aguja (ver Figura A0103\_1) es de acero inoxidable templado y duro, grado 440-C o equivalente, HRC 54 a 60; debe tener aproximadamente 50 mm de largo y su diámetro entre 1,00 y 1,02 mm.

Será simétricamente afilada en forma cónica, con un ángulo entre 8,7 y 9,7º con respecto al largo total del cono, el que debe ser coaxial con el cuerpo recto de la aguja. La variación total axial de la intersección del cono y la superficie recta no debe exceder de 0,2 mm. La punta truncada del cono debe tener un diámetro entre 0,14 y 0,16 mm y en ángulo recto al eje de la aguja con una tolerancia de 2º.

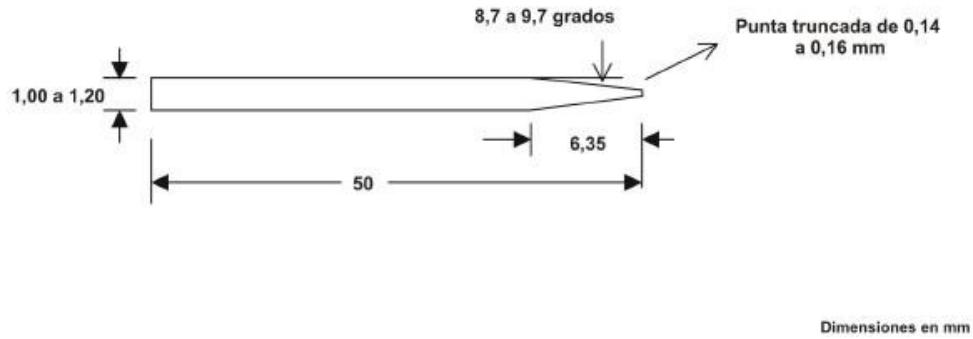
El filo de la superficie de la punta truncada debe ser bien formado y libre de rugosidad. Cuando la textura de la superficie se mide de acuerdo con la **American National Standard B 46.1 o ISO468**, la aspereza superficial (Ra) del cono aguzado debe estar entre 0,2 y 0,3 µm como promedio aritmético.

La aspereza superficial (Ra) del eje de la aguja debe estar entre 0,025 y 0,125 micrones.

La aguja debe montarse en un casquete de metal no corrosivo, que tenga un diámetro de  $3,2 \pm 0,05$  mm y una longitud de  $38 \pm 1$  mm. La longitud expuesta de la aguja estándar debe estar comprendida entre 40 y 45 mm.

La aguja debe estar rígidamente montada en el casquete. La carrera (lectura del indicador de penetración total) de la punta de la aguja y cualquier porción de la aguja relativa al eje del casquete, no deberá exceder de 1 mm.

La masa del conjunto casquete - aguja será de  $2,50 \pm 0,05$  g (se puede perforar con taladro o limar el casquete, para controlar el peso). Coloque marcas de identificación individual en el casquete de cada aguja; las mismas marcas no deberían repetirse por un mismo fabricante dentro de un período de tres años.



**FIGURA A0103\_1 AGUJA PARA ENSAYO DE PENETRACIÓN**

### 3. Cápsulas

Las cápsulas deben ser de metal o vidrio, de forma cilíndrica y con fondo plano. Sus dimensiones son las siguientes:

- Para penetraciones bajo 200. Diámetro (mm) 55 Profundidad (mm) 35.
- Para penetraciones entre 200 y 350: Diámetro (mm) 55 Profundidad (mm) 70.

### 4. Baño de agua

Tendrá una capacidad mínima de 10l. y un sistema apto para mantener la temperatura a 25°C, o cualquiera de ensayo, con una tolerancia de  $\pm 0,1^\circ\text{C}$ ; tendrá, además, una bandeja perforada ubicada a no menos de 50 mm del fondo, ni menos de 100 mm bajo el nivel del líquido en el baño.

Si el ensayo de penetración se realiza en el mismo baño, éste debe estar provisto de una bandeja que soporte el peso del penetrómetro. Para determinaciones a bajas temperaturas se puede utilizar una solución salina (Nota 1).

**Nota 1:** Se recomienda usar agua destilada en el baño. Se debe evitar la contaminación del baño de agua por agentes superficiales activos, agentes residuales u otros agentes químicos, pues su presencia puede afectar los valores de penetración.

### 5. Transportador de cápsula

Debe tener una capacidad mínima de 350 ml y una profundidad suficiente de agua que permita cubrir la altura del contenedor de la muestra. Debe estar provisto de algún medio que asegure firmemente la cápsula y evite el balanceo; para lo que tendrá tres brazos que permitan a lo menos tres puntos de contacto para sostener la cápsula.

## **6. Aparato medidor de tiempo**

Para operar un penetrómetro manual, utilice cualquier aparato que mida el tiempo, tal como un medidor de tiempo eléctrico, un cronómetro o cualquier dispositivo a cuerda, que esté graduado en 0,1 o menos y cuya precisión esté dentro de  $\pm 0,1$  seg. para un intervalo de 60 seg.

También se puede utilizar un contador de segundos audible, ajustado para proporcionar un pulso cada 0,5 seg. El tiempo para un intervalo de cuenta de 11 pulsos debe ser de  $5 \pm 0,1$  seg.

Cualquier dispositivo automático que se vaya a conectar al penetrómetro debe ser cuidadosamente calibrado para proporcionar el intervalo de ensayo deseado dentro de  $\pm 0,1$  seg.

## **7. Termómetros**

Se pueden usar termómetros de vidrio de rango adecuado, con subdivisiones y escala máxima de error de  $0,1^\circ\text{C}$ , o cualquier otro aparato que mida temperaturas con igual exactitud, precisión y sensibilidad. Los termómetros deben cumplir los requisitos de la Especificación ASTM E1. Los termómetros comúnmente utilizados son los que se indican en la Tabla A0103\_1:

**TABLA A0103\_1 TIPOS DE TERMÓMETROS**

ASTM n°	Rango	Temperatura de ensayo
17 C	19 a 27 °C	25 °C
63 C	- 8 a + 32 °C	0 a 4 °C
64 C	25 a 55 °C	46 °C

El termómetro para el baño de agua se debe calibrar periódicamente de acuerdo con el **Método de Ensayo ASTM E 77**.

## **CONDICIONES GENERALES**

---

Cuando no se especifiquen las condiciones de ensayo, considere la temperatura, carga y tiempo, en  $25^\circ\text{C}$ , 100 g y 5 seg., respectivamente. Otras condiciones de temperatura, carga y tiempo pueden usarse para ensayos especiales, tales como los que se muestran en la Tabla A0103\_2.

**TABLA A0103\_2 CONDICIONES PARA ENSAYOS ESPECIALES**

Temperatura (°C)	Carga (g)	Tiempo (s)
0	200	60
4	200	60
45	50	5
46,1	50	5

En los casos especiales deben informarse las condiciones especificadas de ensayo.

## EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

---

8. Caliente la muestra cuidadosamente, agitando para prevenir sobrecalentamientos locales, hasta que esté lo suficientemente fluida para vaciar. En ningún caso la temperatura debe elevarse más allá de 60°C sobre el punto de ablandamiento esperado para los alquitranes, de acuerdo con el **Método de Ensayo ASTM D 36**, o no más allá de 90°C sobre el punto de ablandamiento para el Caso de los asfaltos. No caliente la muestra por más de 30 min. y evite la incorporación de burbujas en la muestra.
9. Vierta la muestra en la cápsula a una profundidad tal que cuando se enfríe a la temperatura de ensayo, la profundidad de la muestra sea a lo menos 10 mm mayor que la profundidad a la cual se espera que la aguja penetre. Vierta dos porciones separadas para cada variación de las condiciones de ensayo.
10. Proteja la cápsula contra el polvo, cubriéndola con un vaso y déjela enfriar al aire a una temperatura entre 15 y 30°C, entre 1 y 1,5 h. para una cápsula pequeña (90 ml) y 1,5 y 2 h., para el más grande (175 ml). Cuando utilice el transportador de cápsula, coloque las muestras junto con éste en el baño de agua, manteniéndolas a la temperatura de ensayo.
11. Las muestras en cápsulas pequeñas deben permanecer entre 1 y 1,5 h. y en las más grandes, entre 1,5 y 2 h.

## PROCEDIMIENTO

---

12. Examine la aguja y guía para comprobar que esté perfectamente seca y libre de otros materiales extraños. Si la penetración esperada excede 350 use una aguja larga; en otros casos, utilice una aguja corta. Limpie la aguja de penetración con tolueno u otro solvente adecuado, seque con un paño limpio e inserte la aguja en el penetrómetro. A menos que se especifique otra cosa, coloque el peso de 50 g sobre la aguja, obteniendo una masa total de  $100 \pm 0,1$  g.
13. Si el ensayo se hace con el penetrómetro en el baño, coloque la cápsula con muestra directamente sumergida sobre la superficie de éste (Nota 2), y deje la cápsula con la muestra en el baño, completamente cubierta con agua. Si el ensayo se realiza con el penetrómetro fuera del baño, coloque la muestra en el transportador de cápsula, cúbrala completamente con agua a la temperatura del baño (constante) y ubique el transportador sobre la superficie del penetrómetro.

**Nota 1:** Para ensayos cuando las penetraciones son a temperaturas diferentes de 25°C, las mismas deben realizarse sin remover la muestra del baño.

14. Posicione la aguja descendiendo lentamente hasta que la punta haga contacto con la superficie de la muestra; realice esto con la punta de la aguja haciendo contacto real con su imagen reflejada sobre la superficie de la muestra, para lo cual empleé una fuente luminosa (Nota 2).

**Nota 2:** La posición de la aguja se puede visualizar mejor con la ayuda de un tubo de iluminación de polimetil metacrilato.

- 15.** Haga un mínimo de tres penetraciones en la superficie de la muestra en puntos distanciados al menos 10 mm de la pared de la cápsula y a no menos de 10 mm entre uno y otro. Si se usa el transportador de cápsula, retorne la muestra y el transportador al baño de agua entre determinaciones; use una aguja limpia para cada determinación. Si la penetración es mayor que 200, use un mínimo de tres agujas, dejándolas en la muestra hasta completar las tres penetraciones.

## PRECISIÓN

---

Use el siguiente criterio para juzgar si los resultados de penetración son aceptables para asfaltos a 25°C. (El criterio de precisión para otras temperaturas está siendo determinado).

### **16. Precisión para un solo operador**

El coeficiente de variación determinado para un solo operador, es de 1,4% para penetraciones sobre 60 y la desviación estándar para un solo operador, desde 0,35 para penetraciones bajo 50.

Por lo tanto, los resultados de dos ensayos adecuadamente ejecutados por el mismo operador, con el mismo material de cualquier penetración y usando el mismo equipo, no deberían diferir uno del otro en más de 4% de su media o 1 unidad en otros casos.

### **17. Precisión entre laboratorios**

El coeficiente de variación encontrado entre laboratorios es de 3,8% para penetraciones sobre 60 y la desviación estándar entre laboratorios es de 1,4 para penetraciones bajo 50. Por lo tanto, los resultados de dos ensayos adecuadamente ejecutados, con el mismo material de cualquier penetración y en dos laboratorios diferentes, no deberían diferir uno del otro en más de 11% de su media o 4 unidades en otros casos.

**Nota 4:** Los valores antes indicados representan los límites de ambas desviaciones estándar.

En la **Tabla A0103\_3** se entregan los criterios de precisión para los distintos casos.

**TABLA A0103\_3 CRITERIOS DE PRECISIÓN**

Material	Desviación estándar o Coeficiente de Variación, (Unidades o %)	Rango de aceptación de dos resultados de Ensaye (Unidades o %)
<b>Precisión para un solo operador:</b>		
Asfaltos a 25°C, penetraciones bajo 50, (unidades)	0,35	1
Asfaltos a 25°C, penetraciones sobre 60, (% de su media)	1,4	4
Alquitrances a 25°C (*), (% de su media)	5,2	15
<b>Precisión entre laboratorios:</b>		
Asfaltos a 25°C, penetraciones bajo 50, (unidades)	1,4	4
Asfaltos a 25°C, penetraciones sobre 60, (% de su media)	3,8	11
Alquitrances a 25°C (*), (unidades)	1,4	4

(\*) La estimación de la precisión para los alquitrances está basada en los resultados de dos destilados de hulla con penetraciones de 7 y 24. La estimación puede no ser aplicable a materiales de dureza diferente.

---

I  
N  
F  
O  
R  
M  
E

Informe el promedio de tres determinaciones, aproximando a la unidad. Los valores no deben diferir más allá de las magnitudes que se indican en la Tabla A0103\_4 para cada grado de penetración.

TABLA A0103\_4 MÁXIMA ENTRE MEDICIONES

PENETRACION	0 a 49	50 a 149	150 a 249	250 a 500
Máxima diferencia entre la mayor y la menor determinación	2	4	12	20