

MEDIDA DE LA PERMEABILIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTACIÓN EMPLEANDO UN PERMEÁMETRO DE PARED FLEXIBLE

INV E – 805 – 13

1 OBJETO

- 1.1 Esta norma describe un procedimiento para determinar en el laboratorio la permeabilidad al agua de una muestra saturada de mezcla asfáltica compactada.
- 1.2 El procedimiento se puede aplicar tanto a probetas cilíndricas compactadas en el laboratorio como a núcleos extraídos de pavimentos existentes.

2 RESUMEN DEL MÉTODO

- 2.1 Empleando un permeámetro de carga variable, como el mostrado en la Figura 805 - 1, se determina el flujo de agua a través de una probeta de mezcla asfáltica. Se permite que el agua contenida en un recipiente cilíndrico graduado fluya a través de la muestra saturada, registrándose el tiempo que tarda alcanzar un cambio conocido en la carga hidráulica. Con los datos obtenidos durante el desarrollo de la prueba, se determina el coeficiente de permeabilidad de la muestra, aplicando la ley de Darcy.

3 IMPORTANCIA Y USO

- 3.1 El ensayo brinda una manera de determinar la conductividad del agua en muestras saturadas de mezclas asfálticas. El método considera el flujo laminar unidimensional del agua y asume que la ley de Darcy es aplicable.

4 EQUIPO Y MATERIALES

- 4.1 *Permeámetro* – Un permeámetro de carga variable, como el mostrado en la Figura 805 - 1, cuyas características principales son las siguientes:
 - 4.1.1 Un cilindro calibrado de 31.75 ± 0.5 mm (1.25 ± 0.02) de diámetro interior con 500 ml de capacidad y graduado en milímetros.

- 4.1.2** Un tubo sellante, constituido por una membrana de látex flexible de 0.635 mm (0.025") de espesor, capaz de confinar especímenes de concreto asfáltico hasta de 152.4 mm (6.0") de diámetro y 80 mm (3.15") de altura.
- 4.1.3** Un montaje de tapa superior para soportar el cilindro y expandir un empaque contra el tubo sellante. La abertura de la tapa debe tener el mismo diámetro del cilindro calibrado. La parte inferior de la tapa debe estar biselada con un ángulo de $10 \pm 1^\circ$ (ver Figura 805 - 1).
- 4.1.4** Una placa inferior para soportar el espécimen de concreto asfáltico y expandir un empaque contra el tubo sellante. La abertura de la placa debe tener un diámetro mínimo de 18 mm (0.71"). La parte superior de la placa debe estar biselada con un ángulo de $10 \pm 1^\circ$ (ver Figura 805 - 1).
- 4.1.5** Empaques de diámetro y espesor suficientes para mantenerse ajustados contra el tubo sellante.
- 4.1.6** Un montaje de marco y abrazadera que permita suministrar al montaje de tapa superior y al pedestal inferior, la fuerza de compresión necesaria para expandir los empaques.
- 4.1.7** Una bomba de aire capaz de aplicar una presión de 103.42 kPa (15 lbf/pg²) y de aplicar vacío para evacuar el aire del espacio tubo sellante/membrana.
- 4.1.8** Un medidor de presión con un rango de 0 a 103.42 kPa (0 a 15 lbf/pg²), con una precisión de $\pm 2\%$.
- 4.1.9** Línea de presión de conexión rápida, para inflar y evacuar el espacio entre el tubo sellante y la membrana.
- 4.1.10** Tubería de salida para drenar el agua. Debe tener un diámetro interior mínimo de 18 mm (0.71") y una válvula de cierre.

Nota 1: El permeámetro denominado Karol Warner cumple las especificaciones citadas en este numeral.

- 4.2** *Agua* – Se requiere un suministro continuo de agua limpia hacia la parte superior del tubo graduado, preferiblemente por medio de una manguera flexible.

- 4.3** *Termómetro* – Dispositivo capaz de medir la temperatura del agua con una precisión de 0.1° C (0.2° F).
- 4.4** *Vaso de precipitados* – De 600 ml de capacidad, que se emplea durante la medición de la temperatura del agua.
- 4.5** *Cronómetro* – Graduado con divisiones de 0.1 segundo o menos y una aproximación de 0.05 %, cuando se utiliza en intervalos no menores de 15 minutos.
- 4.6** *Dispositivo para medir longitudes* – Adecuado para medir las dimensiones del espécimen con una aproximación de 0.5 mm o menos.
- 4.7** *Sierra* – Equipo adecuado para el corte húmedo del espécimen en el espesor deseado. No se admite el empleo de sierras de corte en seco.
- 4.8** *Agente sellante* – Gelatina de petróleo.
- 4.9** *Espátula* – Para aplicar el agente sellante en el contorno lateral de las muestras compactadas.
- 4.10** *Ventilador* – Ventilador eléctrico para el secado durante el corte húmedo de la muestra.
- 4.11** *Recipiente* – De capacidad suficiente para la saturación de las probetas antes del ensayo.

5 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

- 5.1** El núcleo extraído del pavimento o la probeta compactada en el laboratorio se corta para obtener el espesor deseado. En el caso de los núcleos, su espesor debe ser lo más aproximado que sea posible al espesor real de la capa compactada en el terreno. Las caras superior e inferior de los núcleos y de las probetas de laboratorio deben ser acondicionadas debidamente.
- 5.2** Se lava totalmente la muestra de ensayo para remover cualquier partícula suelta resultante de la operación de corte.
- 5.3** Si el uso posterior de los resultados del ensayo lo hacen necesario, se determina la densidad del espécimen, empleando para ello las normas INV E- 733 o INV E- 802.

- 5.4** Se miden, con aproximación de 0.5 mm (0.02") o menos, el espesor y el diámetro de la muestra, cada uno de ellos en 3 sitios diferentes. Las 3 lecturas de espesor no deben variar en más de 5 mm (0.2") y el diámetro no debe ser menor de 144 mm (5.67").

Nota 2: Durante la prueba de permeabilidad, la muestra debe alcanzar el estado de saturación descrito en el numeral 6.8. Como ayuda para la saturación y si la disponibilidad de tiempo lo permite, la muestra se coloca en el recipiente mencionado en el numeral 4.11, el cual se llena con una cantidad de agua suficiente para cubrirla, dejándola en remojo durante un lapso de 1 a 2 horas.

- 5.5** Es necesario aplicar con la espátula una capa delgada del agente sellante en el contorno lateral de los especímenes compactados en el laboratorio, con el fin de llenar los vacíos mayores presentes en él, los cuales no son representativos del nivel de compactación en su interior. Si la muestra se encuentra húmeda, se seca su superficie con una toalla para remover el agua libre.

6 PROCEDIMIENTO

- 6.1** Se evacúa el aire del espacio tubo de sellado/membrana.

Nota 3: Se puede ayudar a la evacuación completa del aire, pellizcando la membrana y separándola del adaptador de la manguera a medida que se acciona la bomba.

- 6.2** Se coloca la muestra de ensayo, debidamente centrada, sobre la placa de soporte.

- 6.3** Se coloca el tubo sellante sobre la muestra de ensayo y la placa de soporte, asegurando que el tubo esté orientado de manera que el adaptador de la manguera quede ubicado entre los empaques colocados en la tapa superior y la placa inferior.

- 6.4** Se inserta el ensamble de la tapa superior dentro del tubo sellante hasta que quede perfectamente apoyada sobre la parte superior de la muestra de ensayo.

Nota 4: Se ayuda a la inserción de la tapa superior, si el cilindro graduado ya está insertado en ella, caso en el cual el cilindro puede ser utilizado como manija.

- 6.5** Se instalan 2 abrazaderas en el marco del permeámetro y, ajustándolas uniformemente, se aplica una presión moderada al ensamble de la tapa superior. Esta acción sella los empaques contra la membrana y el tubo sellante.

- 6.6 Se infla la membrana a $68.9 \pm 3.4 \text{ kPa}$ ($10 \pm 0.5 \text{ lbf/in}^2$), presión que se debe mantener durante todo el ensayo.
- 6.7 Se llena con agua el cilindro graduado hasta, aproximadamente, la mitad de su altura y se sacude el permeámetro hacia adelante, hacia atrás y hacia los lados, para desalojar de la cavidad superior todo aire que se encuentre atrapado.
- 6.8 Se llena el cilindro graduado hasta un nivel por encima de la marca superior de cronometraje (Ver Figura 805 - 1). Se acciona el cronómetro en el instante en que la parte inferior del menisco de agua alcanza dicha marca y se detiene cuando la parte inferior del menisco alcanza la marca inferior de cronometraje, registrando el tiempo transcurrido con aproximación al segundo. Esta operación se realiza un total de 3 veces, verificando la saturación. Mientras se verifica la saturación no se debe permitir que salga el agua remanente dentro del cilindro, por cuanto ello puede propiciar el reingreso de aire en la muestra. La saturación queda verificada por la repetición del tiempo requerido para que 500 ml de agua atravesen la muestra de ensayo. Se considera que la muestra está saturada cuando la diferencia de tiempo entre la primera y la tercera prueba no excede de 4 %. Por lo tanto, es necesario realizar sobre cada espécimen un mínimo de 3 pruebas, salvo lo establecido en la nota 6. Lo anterior indica que una muestra puede requerir muchas pruebas antes de lograr el requisito del 4 %. Una técnica que ayuda a alcanzar la saturación, consiste en llenar el cilindro graduado casi en su totalidad y ajustar el flujo de entrada de agua de manera que sea igual al de salida, permitiendo que el agua fluya durante cinco a diez minutos y comenzando en seguida la primera prueba. Cuando se requieren más de 3 pruebas, la verificación del 4 % sólo se realiza sobre las 3 últimas.

Nota 5: Si luego de la tercera prueba, la operación dura más de diez minutos, el encargado del ensayo debe usar su criterio y considerar el final de ella, usando para el cálculo de la permeabilidad el menor tiempo registrado.

Nota 6: Si el tiempo es cercano a 30 minutos durante la primera prueba sin que el nivel de agua alcance la marca inferior de cronometraje, el encargado puede marcar el nivel alcanzado a los 30 minutos, registrando esta marca y el tiempo transcurrido. Luego se realiza una segunda prueba y se registran la marca y el tiempo, usando la marca y tiempo que den lugar al mayor valor de permeabilidad.

- 6.9 Se toma una muestra de agua del vaso de precipitados y se determina su temperatura con aproximación de 0.1°C (0.2°F).
- 6.10 Alcanzada la saturación y registrados el tiempo y la marca, se libera la presión del recipiente y se evacúa el espacio tubo sellante/membrana. Se remueven las abrazaderas, la tapa superior y la muestra de ensayo. Si se ha usado el

agente sellante, se debe remover todo resto de él que haya quedado adherido a la membrana de látex.

7 CÁLCULOS

7.1 El coeficiente de permeabilidad se determina con la ecuación:

$$k = \frac{aL}{At} \times \ln \frac{h_1}{h_2} \times t_c \quad [805.1]$$

Donde: k : Coeficiente de permeabilidad, cm/s;

a : Área interior del cilindro graduado, cm^2 ;

L : Espesor promedio de la muestra de ensayo, cm;

A : Sección transversal de la muestra de ensayo, cm^2 ;

t : Tiempo transcurrido entre las alturas h_1 y h_2 , s;

h_1 : Nivel inicial del agua, cm (Figura 805 - 1);

h_2 : Nivel final del agua, cm (Figura 805 - 1);

t_c : Factor de corrección de la viscosidad del agua por la temperatura (Tabla 805 - 1). La temperatura de referencia es 20° C.

Nota 7: Es recomendable determinar un juego de valores dimensionales constantes para cada permeámetro. Las distancias entre la parte inferior de la tapa superior y las marcas superior e inferior de cronometraje son constantes. Sumando estas distancias al espesor promedio de la probeta, se obtienen los valores h_1 y h_2 . Si el ensayo se detiene en un punto diferente a la marca inferior de cronometraje, entonces se añade la diferencia al valor h_2 para llegar al nuevo h_2 para esta muestra. Esto resulta útil para elaborar una hoja electrónica que permita el cálculo automático de estos valores y de la permeabilidad.

7.2 Se calcula el coeficiente de permeabilidad para cada muestra a partir del tiempo y de la marca inferior de cronometraje registradas según se indica en el numeral 6.8. El resultado se debe informar en unidades enteras de $\text{cm/s} \times 10^{-5}$.

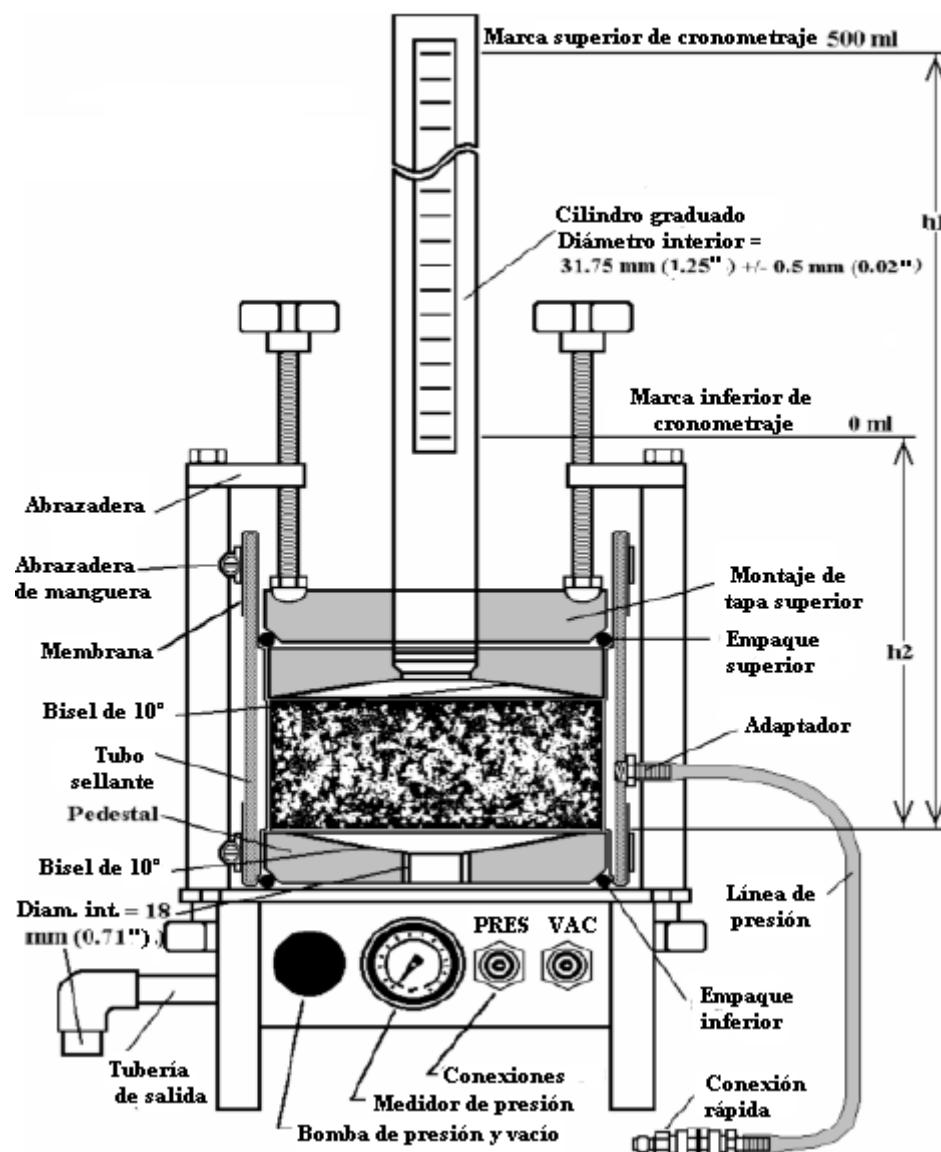


Figura 805 - 1. Esquema del permeámetro

Tabla 805 - 1. Factores de corrección de la viscosidad del agua por efecto de la temperatura

| ° C | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 10 | 1.30 | 1.30 | 1.29 | 1.29 | 1.29 | 1.28 | 1.28 | 1.27 | 1.27 | 1.27 |
| 11 | 1.26 | 1.26 | 1.26 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.24 | 1.24 | 1.24 | 1.23 |
| 12 | 1.23 | 1.23 | 1.22 | 1.22 | 1.22 | 1.21 | 1.21 | 1.21 | 1.20 | 1.20 |
| 13 | 1.20 | 1.19 | 1.19 | 1.19 | 1.18 | 1.18 | 1.18 | 1.17 | 1.17 | 1.17 |
| 14 | 1.16 | 1.16 | 1.16 | 1.16 | 1.15 | 1.15 | 1.15 | 1.14 | 1.14 | 1.14 |
| 15 | 1.13 | 1.13 | 1.13 | 1.13 | 1.12 | 1.12 | 1.12 | 1.11 | 1.11 | 1.11 |
| 16 | 1.10 | 1.10 | 1.10 | 1.10 | 1.09 | 1.09 | 1.09 | 1.09 | 1.08 | 1.08 |
| 17 | 1.08 | 1.07 | 1.07 | 1.07 | 1.07 | 1.06 | 1.06 | 1.06 | 1.06 | 1.05 |
| 18 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.03 |
| 19 | 1.02 | 1.02 | 1.02 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.00 | 1.00 |
| 20 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.98 | 0.98 | 0.98 |
| 21 | 0.98 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 |
| 22 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.93 |
| 23 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.91 |
| 24 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.89 |
| 25 | 0.89 | 0.89 | 0.89 | 0.88 | 0.88 | 0.88 | 0.88 | 0.88 | 0.87 | 0.87 |
| 26 | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.86 | 0.86 | 0.86 | 0.86 | 0.86 | 0.85 |
| 27 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.84 | 0.84 | 0.84 | 0.84 | 0.84 | 0.84 |
| 28 | 0.83 | 0.83 | 0.83 | 0.83 | 0.83 | 0.83 | 0.82 | 0.82 | 0.82 | 0.82 |
| 29 | 0.82 | 0.81 | 0.81 | 0.81 | 0.81 | 0.81 | 0.81 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |
| 30 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.79 | 0.79 | 0.79 | 0.79 | 0.79 | 0.79 | 0.78 |
| 31 | 0.78 | 0.78 | 0.78 | 0.78 | 0.78 | 0.78 | 0.77 | 0.77 | 0.77 | 0.77 |
| 32 | 0.77 | 0.77 | 0.76 | 0.76 | 0.76 | 0.76 | 0.76 | 0.76 | 0.76 | 0.75 |
| 33 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.74 | 0.74 | 0.74 | 0.74 | 0.74 |
| 34 | 0.74 | 0.74 | 0.73 | 0.73 | 0.73 | 0.73 | 0.73 | 0.73 | 0.73 | 0.72 |
| 35 | 0.72 | 0.72 | 0.72 | 0.72 | 0.72 | 0.72 | 0.71 | 0.71 | 0.71 | 0.71 |

8 NORMAS DE REFERENCIA