

LIBRO: MMP. MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES

PARTE: 4. MATERIALES PARA PAVIMENTOS

TÍTULO: 05. Materiales Asfálticos, Aditivos y Mezclas

CAPÍTULO: 027. Envejecimiento del Cemento Asfáltico en Horno Rotatorio de Película Delgada (RTFO)

A. CONTENIDO

Este Manual describe el procedimiento de prueba para simular el envejecimiento a edades tempranas de los cementos asfálticos a que se refieren las Normas N·CMT·4·05·001, *Calidad de Materiales Asfálticos*; N·CMT·4·05·002, *Calidad de Materiales Asfálticos Modificados*; N·CMT·4·05·003, *Calidad de Mezclas Asfálticas para Carreteras* y N·CMT·4·05·004, *Calidad de Cementos Asfálticos según su Grado de Desempeño (PG)*.

B. OBJETIVO DE LA PRUEBA

Esta prueba permite, mediante el efecto de calor y aire aplicados a una película de cemento asfáltico semisólido, obtener un residuo que simula los efectos del envejecimiento a corto plazo que ocurren durante el transporte, mezclado en caliente, tendido y compactación de la mezcla asfáltica, a fin de determinar, a partir de la medición de la viscosidad y sus características reológicas, el efecto de este envejecimiento.

Esta prueba se utiliza también para determinar el cambio de masa por la pérdida de componentes volátiles durante el proceso de envejecimiento a corto plazo.

C. REFERENCIAS

Son referencia de este Manual, las normas ASTM E1-14(2020), *Standard Specification for ASTM Liquid-in-Glass Thermometers* y ASTM E1137/E1137M-08(2020), *Standard Specification for Industrial Platinum Resistance Thermometers*, publicadas por la ASTM Internacional, en el año 2020, en EUA.

Además, este Manual se complementa con las siguientes:

NORMAS Y MANUAL	DESIGNACIÓN
Calidad de Materiales Asfálticos	N·CMT·4·05·001
Calidad de Materiales Asfálticos Modificados	N·CMT·4·05·002
Calidad de Mezclas Asfálticas para Carreteras	N·CMT·4·05·003
Calidad de Cementos Asfálticos según su Grado de Desempeño (PG)	N·CMT·4·05·004
Muestreo de Materiales Asfálticos	M·MMP·4·05·001

D. EQUIPO

El equipo para la ejecución de la prueba estará en condiciones de operación, calibrado, limpio y completo en todas sus partes.

D.1. HORNO ROTATORIO DE PELÍCULA DELGADA

Conocido como horno RTFO (por sus siglas en inglés, *Rolling Thin Film Oven*), de convección, de doble pared calentado eléctricamente. Con dimensiones internas de 381 mm (15 in) de alto por 483 mm (19 in) de ancho, incluyendo la cámara de aire (*plenum*) a que se refiere el inciso D.1.2. de este Manual y una profundidad de 445 ± 13 mm ($17 \frac{1}{2} \pm \frac{1}{2}$ in) con la puerta cerrada. La puerta tendrá una ventana ubicada simétricamente con dimensiones de 305 a 330 mm (12 a 13 in) de ancho por 203 a 229 mm (8 a 9 in) de altura. La ventana contendrá dos hojas de vidrio resistente al calor separadas por un espacio de aire y permitirá una vista despejada del interior del horno. La parte más alta del elemento calefactor estará a 25 ± 3 mm ($1 \pm \frac{1}{8}$ in) por debajo del piso del horno. Sus controles de calentamiento serán capaces de volver el horno completamente cargado a la temperatura de prueba dentro de un período de 10 min tras haber colocado los contenedores de vidrio con las muestras de asfalto en un horno precalentado.

Además, estará equipado con:

- D.1.1.** Ventilación en la parte superior e inferior, considerando que los respiraderos de ventilación inferior se ubicarán simétricamente para suministrar aire entrante alrededor de los elementos calefactores y tendrán un área abierta de $15,0 \pm 0,7$ cm² ($2,31 \pm 0,11$ in²), mientras que los respiraderos de ventilación superior estarán dispuestos simétricamente en la parte superior del horno y tendrán un área abierta de $9,3 \pm 0,45$ cm² ($1,45 \pm 0,07$ in²)
- D.1.2.** Una cámara de aire tipo *plenum* que mediante un sistema de doble panel cubra las paredes laterales y el techo del horno, generando un espacio para la circulación del aire de 38,1 mm ($1 \frac{1}{2}$ in), como se ilustra en las Figuras 1 y 2 de este Manual.
- D.1.3.** Un ventilador centrífugo tipo jaula de ardilla de 133 mm ($5 \frac{1}{4}$ in) de diámetro exterior por 73 mm ($2 \frac{7}{8}$ in) de ancho. Ubicado en el punto medio del ancho del horno y a 152,4 mm (6 in) desde la cara del carro circular de metal hasta su eje. Capaz de girar a 1 725 rpm mediante un motor montado externamente. El ventilador centrífugo tipo jaula de ardilla estará configurado de modo que gire en dirección opuesta a sus aspas, generando un flujo de aire en el sistema de ventilador-cámara plenum que comienza con la succión en el piso del horno, circulándolo por la cámara de aire a través del espacio entre los paneles de las paredes y el techo, y hasta su paso a través del ventilador, que lo recircula nuevamente dentro del horno. En las Figuras 1 y 2 de este Manual se ilustra a detalle el funcionamiento de este sistema.
- D.1.4.** Un termostato con controlador de tiempo proporcional e integral (TPI por sus siglas en inglés, *Time Proportional & Integral*) capaz de mantener una temperatura de $163 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. El elemento sensor del termostato se colocará en cualquier lugar que permita que el horno mantenga el control de temperatura como se especifica en este Manual.
- D.1.5.** Un termómetro, que se colgará o fijará sobre un montaje ubicado en el techo del horno, en su parte interna que se encuentra a 50,8 mm (2 in) desde el lado derecho del horno y en el punto medio de su profundidad. El termómetro colgará dentro del horno de modo que su bulbo esté ubicado a $\pm 25,4$ mm (1 in) en relación a un plano horizontal imaginario ubicado al nivel del eje del carro metálico circular.
- D.1.6.** Un carrusel vertical circular de 304,8 mm (12 in) de diámetro, con las características que se muestran en la Figura 2, provisto de aberturas y sujetadores de resorte adecuados para sujetar firmemente en posición horizontal ocho contenedores de vidrio con las dimensiones mostradas en la Figura 3 de este Manual. El carrusel vertical será impulsado mecánicamente a través de un eje de 19 mm ($\frac{3}{4}$ in) de diámetro a una velocidad de giro de $15 \pm 0,2$ rpm.
- D.1.7.** Una línea de aire a presión colocada de tal forma que permita introducir una corriente de aire caliente dentro de cada botella durante su recorrido en el carrusel vertical al pasar por su punto más bajo. La boquilla de la línea de aire a presión tendrá un orificio de salida de 1,016 mm (0,04 in) de diámetro (calibre de perforación broca N° 60) conectada a una tubería de cobre para refrigeración de 7,6 m (25 ft) de longitud y 8 mm ($\frac{5}{16}$ in) de diámetro exterior.

Este tubo se enrollará sobre el plano horizontal para que quede recostada en la parte inferior del horno y se conectará a una fuente de aire regulado, fresco, seco y libre de polvo.

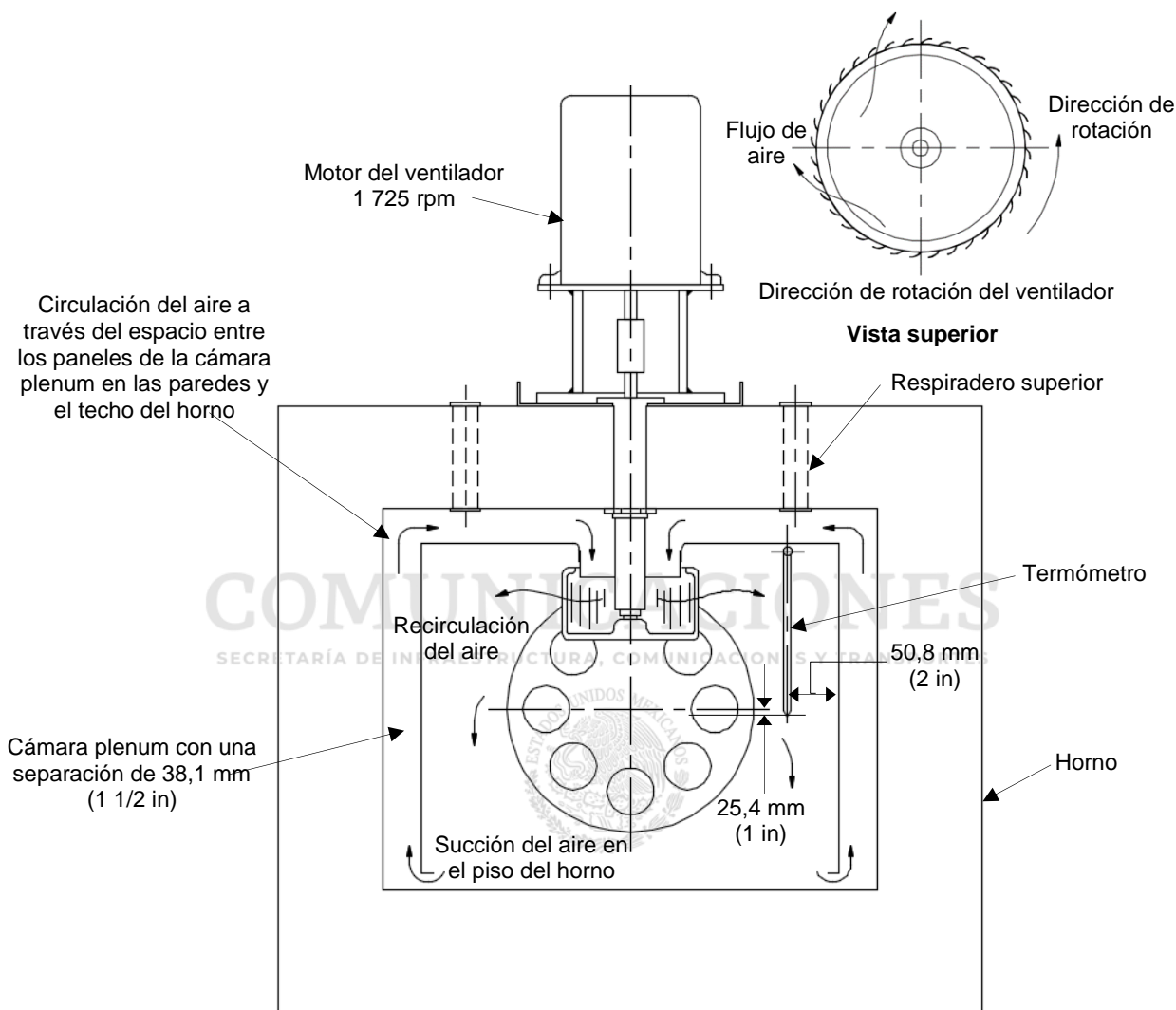


FIGURA 1.- Esquema de la vista frontal del flujo de aire

D.2. MEDIDOR DE FLUJO (CAUDALÍMETRO)

Capaz de medir con precisión el flujo de aire a una velocidad de 4 000 ml/min. El medidor de flujo se ubicará después de todos los dispositivos de regulación, pero antes de la tubería de cobre y se colocará de modo que se mantenga aproximadamente a temperatura ambiente.

D.3. TERMÓMETRO

Que cumpla con los requisitos del termómetro designado como 13C, según lo indicado en la norma ASTM E1-14(2020), *Standard Specification for ASTM Liquid-in-Glass Thermometers*. Para reducir los riesgos asociados con la rotura del termómetro, el termómetro puede encapsularse total o parcialmente en una funda de polímero transparente que tenga un grosor máximo de 0,25 mm (0,01 in). Si se usa una funda, se instalará de manera que exista un contacto mecánico sustancial con el termómetro.

El termómetro puede ser reemplazado por un sistema electrónico de medición de temperatura, siempre que se cumplan los siguientes requisitos:

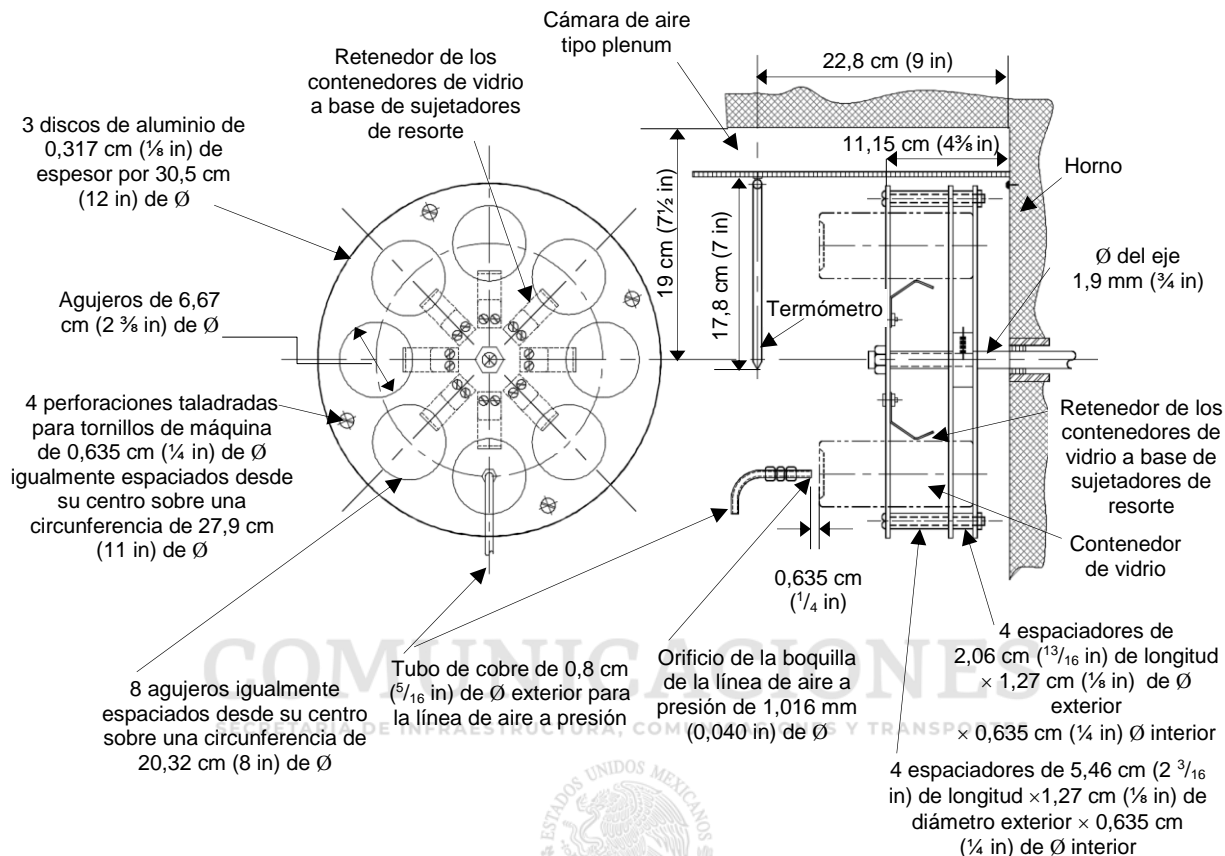


FIGURA 2.- Esquema del carrusel circular

- D.3.1.** El sensor de temperatura electrónico será un termómetro de resistencia de platino (PRT por sus siglas en inglés, *Platinum Resistance Thermometer*) de grado A, de 3 o 4 cables, que cumpla con los requisitos de la norma ASTM E1137/E1137M (2020), *Standard Specification for Industrial Platinum Resistance Thermometers*. El sensor de temperatura se montará en la misma posición y orientación que el termómetro 13C indicado anteriormente.
- D.3.2.** El sensor de temperatura electrónico tendrá un tiempo de respuesta térmica que no difiera en más del 30% del tiempo de respuesta térmica del termómetro 13C al que reemplaza. La respuesta térmica se define como el tiempo necesario para lograr una respuesta del 95% a un cambio escalonado de temperatura, comenzando en el aire a temperatura ambiente y terminando en el aire a cualquier temperatura conveniente y constante en el rango de 165 a 170°C.
- D.3.3.** Los circuitos electrónicos de medición incluirán una pantalla digital con una resolución de al menos 0,1°C.
- D.3.4.** El sensor de temperatura electrónico y los circuitos electrónicos de medición se calibrarán y verificarán como una unidad. La calibración y la verificación serán rastreables por el CENAM (Centro Nacional de Metrología). El sistema de medición de temperatura se calibrará antes de ponerlo en servicio y se verificará anualmente a partir de entonces.
- D.3.5.** La verificación se realizará con el horno de prueba equilibrado a la temperatura de funcionamiento normal mientras el sensor de verificación está en contacto mecánico con el sensor de prueba normal. Si la diferencia entre el sensor de verificación y el sensor de prueba

normal supera los 0,2°C, se considerará que la verificación ha fallado y se volverá a calibrar el sistema de medición de temperatura.

D.4. CONTENEDORES DE VIDRIO

8 contenedores de vidrio claro, transparente y resistente al calor, que cumplan con las dimensiones y tolerancias mostradas en la Figura 3 de este Manual.

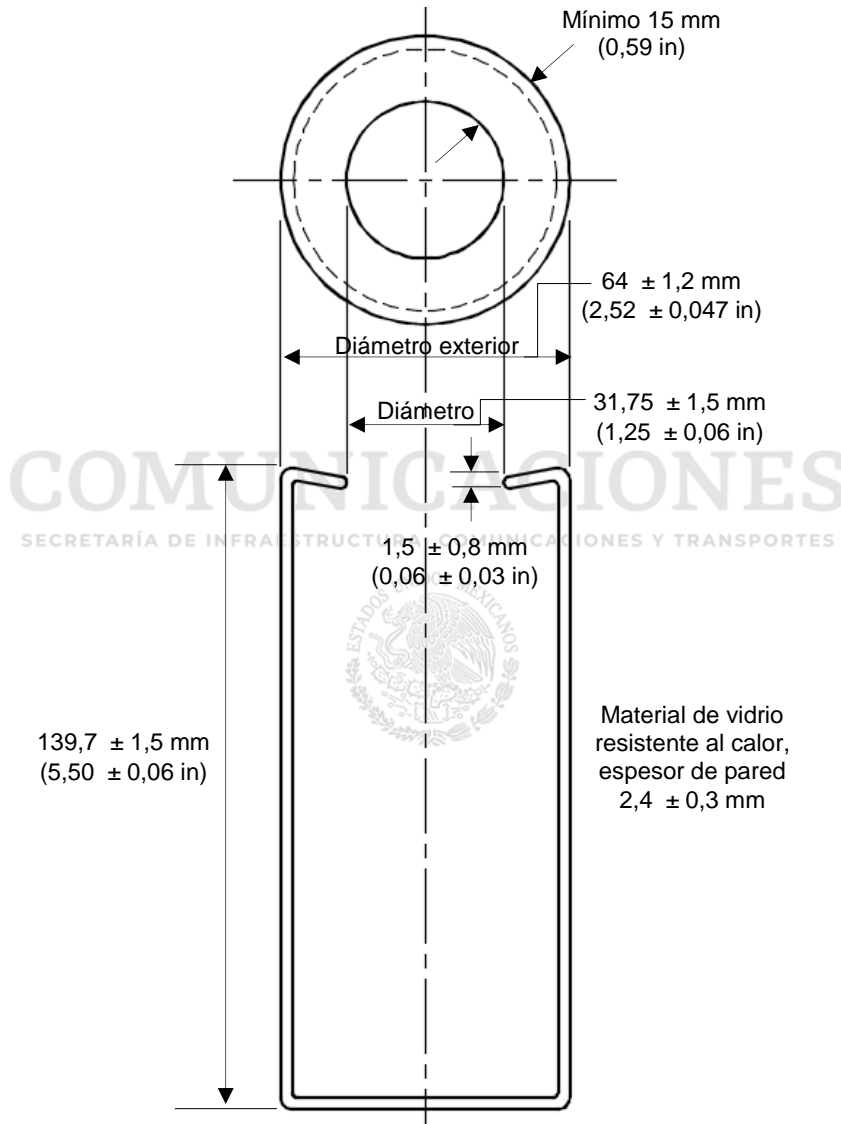


FIGURA 3.- Contenedores de vidrio

D.5. REJILLA DE ENFRIAMIENTO

Rejilla a base de alambre o láminas de acero inoxidable o aluminio, que permite que los contenedores de vidrio se enfríen en una posición horizontal, manteniendo cada recipiente en el mismo plano horizontal. La rejilla estará construida de manera que permita que el aire fluya libremente alrededor de cada contenedor con al menos 2,5 cm (1 in) de espacio libre entre los contenedores de vidrio y al menos 2,5 cm (1 in) de espacio libre entre los contenedores de vidrio y cualquier superficie sólida.

D.6. BALANZA ANALÍTICA

Con capacidad mínima de 200 g y aproximación de al menos 0,001 g.

D.7. HORNO

Provisto de termostato que mantenga temperaturas hasta de 180°C, con aproximación de $\pm 1^\circ\text{C}$.

D.8. CRONÓMETRO O RELOJ

Con aproximación de 1 s.

D.9. HERRAMIENTA DE RECUPERACIÓN

Tipo espátula o cuchara, de material inerte con el cemento asfáltico empleado y tamaño adecuado para emplearse dentro de los contenedores de vidrio que contienen el residuo, considerando que se podrá usar cualquier herramienta o técnica de raspado, siempre que se recupere un promedio del al menos el 90% del material de los contenedores de vidrio. Se recomienda el raspado circunferencial ya que es más eficaz que el raspado longitudinal.

D.10. VARILLA

Para agitado, de material inerte con el cemento asfáltico empleado, con extremos redondeados y diámetro de 13 mm (0,50 in) aproximadamente.

D.11. RECIPIENTE DE RECOLECCIÓN

Limpio, con tapa, de material inerte con el cemento asfáltico empleado y resistente al calor, de dimensiones tales que tenga una capacidad al menos un 30% mayor que el volumen total esperado de residuos.

D.12. PINZAS O GUANTES DE NITRILO

Limpios, para manipular los contenedores de vidrio utilizados para determinar el cambio de masa, cuando sea el caso.

D.13. MARCADOR

Con tinta o algún material indeleble resistente al calor, para marcar los contenedores de vidrio utilizados para determinar el cambio de masa, cuando sea el caso.

D.14. EQUIPO DE SEGURIDAD PERSONAL ESTÁNDAR PARA LABORATORIO

Adecuado para manipular el cemento asfáltico caliente al preparar, acondicionar y retirar los contenedores de vidrio del horno de película delgada rotacional durante la prueba.

E. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE PRECALENTAMIENTO DEL HORNO ROTATORIO DE PELÍCULA DELGADA

E.1. Se determina el tiempo de precalentamiento del horno rotatorio de película delgada de acuerdo con lo indicado a continuación:

E.1.1. Se ajusta el termostato de control del horno rotatorio de película delgada a la configuración que se utilizará durante la prueba. Se selecciona este ajuste de temperatura de

precalentamiento de al menos 16 h antes de hacer la prueba, de manera que el horno, cuando esté completamente cargado y los ventiladores estén encendidos, tenga una temperatura de $163 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Esta determinación se hace para cada horno RTFO y se repetirá al menos una vez al año o siempre que cambien las condiciones ambientales o la ubicación de la prueba.

E.1.2. Se enciende el horno registrando la hora de inicio al minuto entero más cercano. Se determina y registra la temperatura del horno a intervalos de 15 min. Se continúa este proceso hasta que el horno RTFO alcance el equilibrio térmico. Se considera como equilibrio térmico el momento en que la temperatura del horno de película delgada rotacional no varíe más de $0,5^{\circ}\text{C}$ entre dos lecturas consecutivas. El tiempo de precalentamiento será el tiempo que se tarda el horno de película delgada rotacional en alcanzar el equilibrio térmico más 30 min adicionales.

E.2. En lugar de realizar el procedimiento descrito en la Fracción anterior, se puede usar un tiempo mínimo de precalentamiento de 4 h. En este caso no es necesario realizar una determinación anual de ajuste.

F. TRABAJOS PREVIOS

Previo al inicio de la prueba se realizarán las siguientes actividades:

F.1. PREPARACIÓN DEL HORNO DE PELÍCULA DELGADA ROTACIONAL

Se preparará el horno y sus accesorios de la siguiente manera:

- F.1.1.** El orificio de salida de la boquilla de la línea de aire se coloca de tal forma que quede ubicado a 6 ± 3 mm ($\frac{1}{4} \pm \frac{1}{8}$ in) de la abertura del contenedor de vidrio, verificando que el chorro de aire sople horizontalmente sobre el centro de su boca.
- F.1.2.** El termómetro a que se refiere la Fracción D.3. de este Manual, se coloca de modo que el extremo donde se encuentra su bulbo o sensor esté ubicado a $\pm 25,4$ mm (1 in) en relación con un plano horizontal imaginario ubicado al nivel del eje del carrusel vertical circular.
- F.1.3.** Se nivela el horno de modo que los ejes horizontales de los contenedores de vidrio una vez colocados en el carrusel se encuentren nivelados con una tolerancia de $\pm 1^{\circ}$.
- F.1.4.** Se enciende el ventilador, ya que éste permanecerá encendido siempre que el calentador del horno esté encendido y la puerta del horno esté cerrada. El ventilador se podrá detener cuando se abre la puerta del horno, sin embargo, no es un requisito. La suspensión del ventilador se puede realizar manualmente, con un dispositivo de bloqueo eléctrico instalado en la puerta o por otros medios.
- F.1.5.** Se precalienta el horno de acuerdo con lo indicado en el Inciso E.1.1. de este Manual o antes de la prueba con el termostato de control ajustado a la configuración que se utilizará durante la prueba. Esta configuración permitirá que cuando el horno esté completamente cargado y los ventiladores encendidos, el horno se equilibre a $163 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, según lo indique el termómetro.

F.2. DETERMINACIÓN DE LA MASA INICIAL DE LOS CONTENEDORES DE VIDRIO

Para determinar el cambio de masa del cemento asfáltico tras su envejecimiento, se utilizarán 2 de los contenedores de vidrio. Se marcan para identificarlos del resto de los otros contenedores y mediante la balanza analítica se determina la masa de cada uno, registrándola para cada caso como m_0 , con una aproximación de al menos 0,001 g.

G. PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA

- G.1.** De la muestra de cemento asfáltico por envejecer obtenida conforme a lo establecido en el Manual M-MMP-4-05-001, *Muestreo de Materiales Asfálticos* se toma una porción de volumen ligeramente mayor al necesario para llenar los contenedores de vidrio por ensayar y se coloca en un recipiente resistente al calor, con su tapa sobrepuesta pero sin cerrar y se calienta en un horno que no exceda los 150°C durante el tiempo mínimo necesario para asegurar que el material asfáltico esté completamente fluido. Se agita manualmente el material evitando la incorporación de burbujas de aire.
- G.2.** Una vez que la muestra esté completamente fluida y con ayuda de la balanza analítica, se vierten $35 \pm 0,5$ g de asfalto en cada uno de los contenedores de vidrio. El número de contenedores que se utilicen, dependerá de las pruebas que se le realicen al residuo para su caracterización.
- G.3.** Inmediatamente después de verter la muestra en cada uno de los contenedores de vidrio, se voltea hasta llevarlo a una posición horizontal. Posteriormente se gira lentamente sobre su eje longitudinal durante al menos una vuelta completa intentando recubrir toda su superficie cilíndrica, pero teniendo cuidado para evitar que la muestra de cemento asfáltico se salga del contenedor durante este paso, ya que no es necesario recubrir su extremo abierto. Finalmente se coloca el contenedor horizontalmente en una rejilla de enfriamiento limpia que se mantenga en un lugar sin corrientes de aire, a temperatura ambiente, lejos de hornos y otras fuentes de calor.
- G.3.1.** Se permite que los contenedores de vidrio con la muestra de cemento asfáltico por envejecer se enfríen en la rejilla de enfriamiento durante un tiempo que va de al menos 60 min a un máximo de 180 min.
- G.3.2.** Para determinar el cambio de masa, a los 2 contenedores de vidrio que se seleccionaron para este fin, de acuerdo con lo indicado en la Fracción F.2. de este Manual, después de enfriarlos, se les determina su masa. Para esto, cada contenedor se coloca verticalmente sobre la balanza analítica y se registra su masa como m_i , con una aproximación de al menos 0,001 g.
- G.4.** Con el horno a la temperatura de prueba de $163 \pm 0,5^\circ\text{C}$ y el flujo de aire ajustado a $4\ 000 \pm 200$ ml/min, se colocan los contenedores de vidrio con la muestra de cemento asfáltico por envejecer en el carrusel de manera que la masa quede correctamente distribuida para no generar excentricidades durante su operación. Los espacios no utilizados en el carrusel se llenan con contenedores vacíos. Se cierra la puerta del horno y se hace girar el carrusel con los contenedores de vidrio a una velocidad de $15 \pm 0,2$ rpm. Las muestras se mantienen dentro del horno con el aire fluyendo y el carrusel girando durante 85 min. La temperatura de prueba se alcanzará dentro de los primeros 10 min; de lo contrario, se desechará la prueba.
- G.5.** Al final del período de prueba, se retiran los 2 contenedores de vidrio con las muestras de cemento asfáltico que se seleccionaron de acuerdo con lo indicado en la Fracción F.2. de este Manual para determinar el cambio de su masa, para lo cual se colocan horizontalmente en la rejilla de enfriamiento y después de enfriarlos a temperatura ambiente, se coloca cada contenedor verticalmente sobre la balanza analítica y se registra su masa como m_f , con una aproximación de al menos 0,001 g.
- G.6.** Inmediatamente después de colocar sobre la rejilla de enfriamiento los 2 contenedores que se emplearán para determinar el cambio de masa y mientras estos se enfrían a temperatura ambiente de acuerdo con lo indicado en la Fracción anterior, el resto de los contenedores con las muestras de cemento asfáltico envejecido, se retiran del horno, uno a la vez, y se transfiere su contenido a un recipiente de recolección. Esta transferencia se logrará vertiendo primero cualquier residuo que fluya libremente del contenedor de vidrio y luego raspando la mayor cantidad posible de residuo restante mediante el empleo de una herramienta de recuperación. Se

puede usar cualquier herramienta o técnica de raspado, siempre que se recupere al menos el 90% del residuo de los contenedores de vidrio. Mientras se retira el residuo de cada contenedor de vidrio, la puerta del horno permanecerá cerrada, con el calentador y el aire encendidos y las muestras restantes girando en el carrusel. El tiempo transcurrido entre la extracción del horno del primero y el último contenedor de vidrio no será mayor a 5 min.

- G.7.** Después de retirar el residuo de cada uno de los contenedores de vidrio, se agita suavemente el recipiente de recolección para homogeneizar su contenido sin introducir aire en él, de ser necesario, se identifica para poder utilizarlo más adelante. Las pruebas al residuo obtenido se realizan dentro de un periodo máximo de 72 h posteriores a la obtención del residuo envejecido.
- G.8.** Si se está determinando el cambio de masa, se permitirá que los contenedores de vidrio con el residuo designados para tal fin se enfríen en la rejilla de enfriamiento durante un tiempo de entre 60 y 180 min. Posteriormente se determina por separado la masa de cada uno de estos contenedores usando una balanza analítica que tenga una aproximación de al menos 0,001 g; para esto se coloca cada contenedor verticalmente en la balanza, y se registra la masa a la resolución completa de la balanza.

H. REPORTE

H.1. OBTENCIÓN DEL RESIDUO ENVEJECIDO DE UNA MUESTRA DE CEMENTO ASFÁLTICO

Si la prueba solo se realiza para la obtención del residuo envejecido de la muestra de cemento asfáltico, se tendrá en cuenta que el producto que se entrega ha sido acondicionado para simular los efectos del calor y aire aplicados a la muestra, y que se entrega en recipientes de recolección debidamente identificados, de ser necesario, para que posteriormente pueda utilizarse el residuo envejecido en las pruebas de caracterización que se requieran.

H.2. CAMBIO DE MASA

Cuando sea el caso, se reportará el promedio del cambio de masa del cemento asfáltico obtenido de la medición de los 2 contenedores destinados a tal fin, expresado como un porcentaje de masa del material original, con una precisión al 0,001% más cercano, considerando que una pérdida de masa será reportada como un número negativo mientras que un aumento de masa será reportado como un número positivo.

El cambio de masa para cada uno de los 2 contenedores de vidrio destinados a tal fin se determina mediante la siguiente expresión:

$$\Delta m = \frac{m_f - m_i}{m_i - m_0} \times 100 (\%)$$

Donde:

Δm = Pérdida o ganancia de masa, (%)

m_0 = Masa del contenedor de vidrio vacío, (g)

m_i = Masa del contenedor de vidrio con la muestra de cemento asfáltico antes de la prueba de RTFO, (g)

m_f = Masa del contenedor con el residuo asfáltico después de ejecutar la prueba de RTFO, (g)

I. PRECAUCIONES PARA EVITAR ERRORES

Para evitar errores durante la ejecución de la prueba, se tomarán las siguientes precauciones:

- I.1. Realizar la prueba en un lugar cerrado, con ventilación indirecta, limpio y libre de corrientes de aire, de cambios de temperatura y de partículas que provoquen la contaminación de las muestras de prueba.
- I.2. Verificar que el equipo esté calibrado de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- I.3. Que todo el equipo esté perfectamente limpio, para que al hacer la prueba la muestra no se mezcle con agentes extraños y se altere el resultado.
- I.4. Verificar que se fluidifique totalmente la muestra antes de verter el asfalto en cada uno de los envases.
- I.5. Calibrar periódicamente el flujo de aire, utilizando un medidor de flujo de aire a base de agua o cualquier otro dispositivo de desplazamiento. Esta calibración se basará en el flujo de aire que sale de la boquilla y se realizará con el horno apagado y a temperatura ambiente.
- I.6. Realizar todas las mediciones de temperatura requeridas en prueba con el termómetro indicado en la Fracción D.3. de este Manual.
- I.7. Recalibrar el termómetro después de la instalación de una funda que lo encapsule de acuerdo con lo indicado en la Fracción D.3. de este Manual.
- I.8. Verificar que la muestra de cemento asfáltico por envejecer obtenida conforme a lo establecido en el Manual M-MMP-4-05-001, *Muestreo de Materiales Asfálticos*, esté libre de agua.
- I.9. Emplear cualquier herramienta o técnica de raspado, siempre que se recupere al menos el 90% del residuo de los contenedores de vidrio. Preferentemente se realizará un procedimiento de raspado circunferencial sobre un procedimiento de raspado longitudinal, ya que este primero tiende a ser más eficaz.
- I.10. Para evitar que se pierda cemento asfáltico durante la prueba, se revisará la nivelación del horno y de su carrusel, verificando que no se presenten excentricidades durante su movimiento rotacional. Además, se revisará la condición física de cada uno de los contenedores de vidrio verificando que no presenten desportilladuras en su boca o deformaciones en su cuerpo y base.
- I.11. Para obtener la máxima precisión en la determinación del cambio de masa:
 - I.11.1. Ubicar la rejilla de enfriamiento en un lugar que tenga la misma temperatura y humedad como la de la balanza utilizada para determinar la masa de los contenedores de vidrio con la muestra de cemento asfáltico.
 - I.11.2. Manipular los contenedores de vidrio con la muestra de cemento asfáltico con los guantes o las pinzas a que se refiere la Fracción D.12. de este Manual; de la misma manera, se realizará con pinzas la transferencia de los contenedores de vidrio a la balanza, para evitar la contaminación y los cambios de temperatura que pudieran distorsionar la medición de la masa.
 - I.11.3. Montar, en su caso, una fuente pasiva de iones dentro de la cámara externa de protección de la balanza a fin de evitar mediciones poco estables de la masa, debidas a la electricidad estática, causada en parte por las características del contenedor de vidrio.

COMUNICACIONES

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA

Dirección General de Servicios Técnicos

Av. Coyoacán 1895

Col. Acacias, Benito Juárez, 03240

Ciudad de México

www.gob.mx/sct



INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

Km 12+000, Carretera Estatal No. 431

"El Colorado-Galindo", San Fandila,

Pedro Escobedo, 76703, Querétaro

<https://normas.imt.mx>

normas@imt.mx