

MÉTODO DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO DE LIGANTES ASFÁLTICOS UTILIZANDO UNA CÁMARA DE ENVEJECIMIENTO A PRESIÓN (PAV)

INV E – 751 – 13

1 OBJETO

- 1.1** Esta norma describe el procedimiento que se debe seguir para producir el envejecimiento acelerado (oxidación) de un ligante asfáltico por medio de aire presurizado y una temperatura elevada. Esta prueba pretende simular los cambios reológicos causados a los ligantes asfálticos por el envejecimiento por oxidación en servicio, pero no brinda información exacta sobre las velocidades relativas de envejecimiento. El ensayo está proyectado para ser empleado con los residuos provenientes del ensayo de película delgada rotatoria (norma INV E-720), el cual está diseñado para simular el envejecimiento que sufre el ligante en la planta asfáltica.

Nota 1: Los asfaltos modificados pueden sufrir separación de fases o formar natas durante el acondicionamiento en el horno en el ensayo de la norma INV E-720, lo que hace que los resultados de los ensayos subsiguientes sobre el residuo puedan carecer de representatividad para simular su envejecimiento a corto plazo. Este problema se puede presentar, también, durante el acondicionamiento en el PAV, razón por la cual este ensayo puede resultar inadecuado para algunos tipos de asfaltos modificados.

Nota 2: El acondicionamiento de este ensayo no ha sido validado para productos que contengan materiales particulados.

- 1.2** El envejecimiento de los ligantes asfálticos durante el servicio es afectado por la temperatura ambiente y por variables asociadas a la mezcla asfáltica, tales como las proporciones volumétricas, la permeabilidad de la mezcla, las características de los agregados y, posiblemente, otros factores. Este proceso de ensayo está proyectado para brindar una evaluación de la resistencia relativa de diferentes ligantes asfálticos al envejecimiento por oxidación a altas temperaturas y presiones, pero no considera las variables de la mezcla, ni suministra la resistencia relativa al envejecimiento en condiciones de servicio.
- 1.3** Esta norma reemplaza la norma INV E-751-07.

2 RESUMEN DEL MÉTODO

- 2.1** En primer término, el ligante asfáltico a ensayar se envejece en un horno en la prueba de película delgada rotatoria, de acuerdo con la norma INV E-720. Posteriormente, el residuo proveniente del ensayo anterior se coloca en bandejas de acero y se envejece a la temperatura de envejecimiento especificada durante 20 h en una cámara presurizada con aire a 2.10 MPa. La temperatura de envejecimiento se selecciona según el grado del ligante asfáltico. Una vez terminado el proceso en la cámara PAV, el residuo de ligante asfáltico es desgasificado por medio de vacío.

3 USO Y SIGNIFICADO

- 3.1** Este método está diseñado para simular el envejecimiento por oxidación que ocurre en ligantes asfálticos durante la vida de servicio del pavimento. El residuo proveniente de este ensayo se puede usar para estimar las propiedades físicas o químicas de ligantes asfálticos después de varios años de envejecimiento en el campo.
- 3.2** El ligante asfáltico envejecido mediante el ensayo descrito en esta norma, se usa para determinar las propiedades de desempeño del asfalto exigidas por algunas especificaciones.
- 3.3** Para ligantes asfálticos de diferentes grados o provenientes de distintas fuentes, no existe una correlación única entre el tiempo de envejecimiento y la temperatura utilizados en el ensayo, y la edad y la temperatura del pavimento en servicio. Por lo tanto, para unas condiciones climáticas de servicio dadas, no es posible seleccionar para la cámara presurizada una sola condición de tiempo, temperatura y presión, que permita predecir las propiedades del ligante asfáltico después de unas condiciones específicas de exposición en servicio.
- 3.4** El grado relativo de endurecimiento de diferentes ligantes asfálticos varía con las temperaturas y presiones de acondicionamiento en la cámara presurizada. Por lo tanto, dos ligantes asfálticos pueden envejecer a una velocidad similar bajo una condición determinada de temperatura y presión, pero hacerlo de manera diferente bajo otra condición. Por lo tanto, las velocidades relativas de envejecimiento para una serie de asfaltos en las condiciones del PAV pueden diferir significativamente de las reales del pavimento en servicio a temperaturas y presiones ambientales más bajas.

4 EQUIPO

- 4.1 Sistema de ensayo** – Consiste en una cámara de presión, dispositivos controladores de presión, dispositivos controladores de temperatura, dispositivos para la medición de la presión y la temperatura y un sistema para el registro de la temperatura y la presión (Figura 751 - 1).

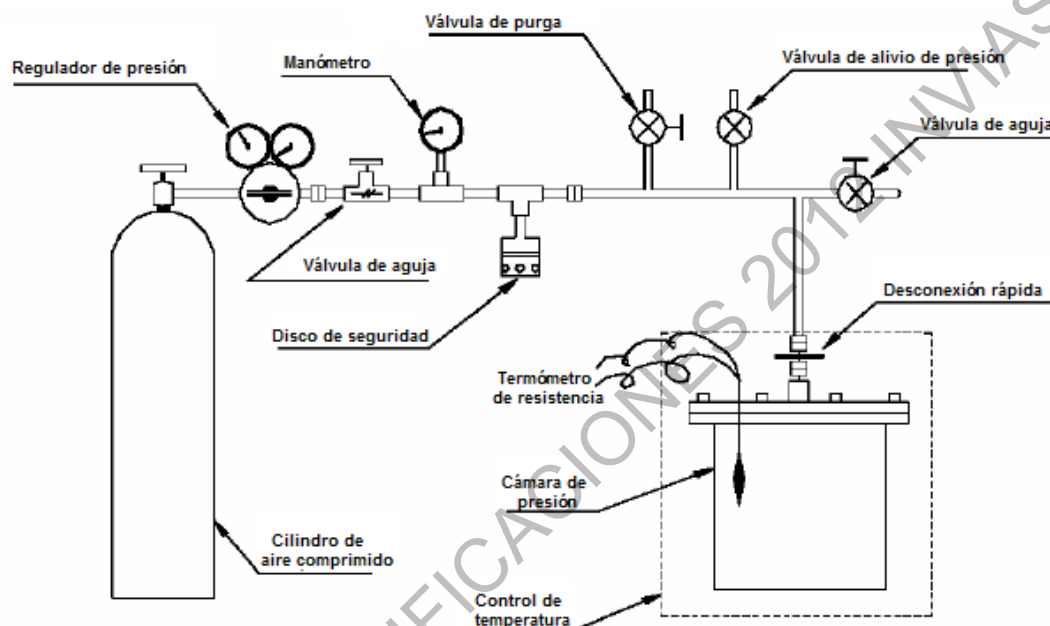
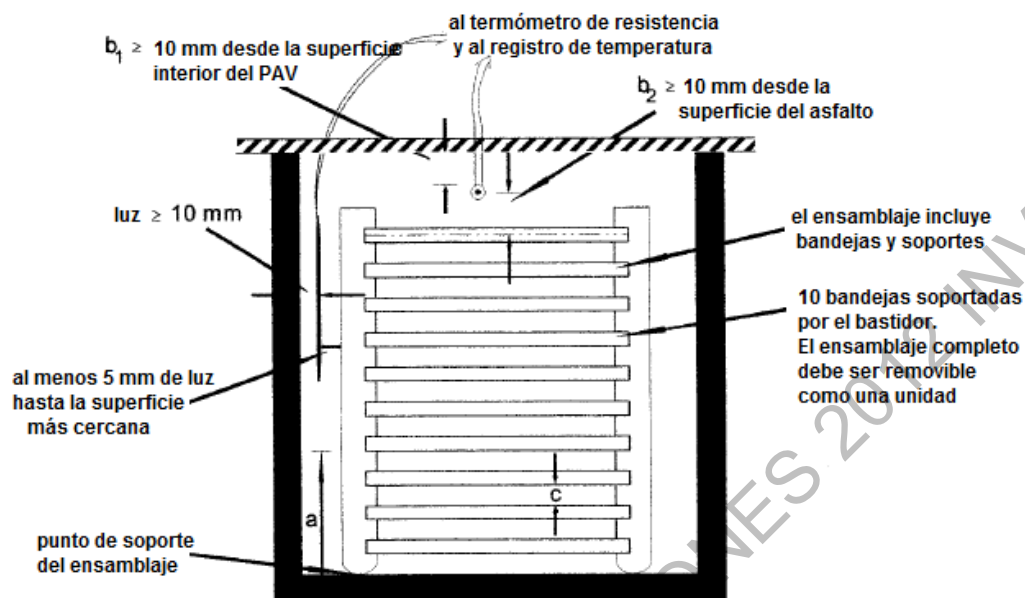


Figura 751 - 1. Esquema de la configuración típica de un sistema de ensayo de envejecimiento acelerado en cámara de presión PAV

- 4.1.1 Cámara de presión** – Una cámara de presión de acero inoxidable, diseñada para operar a 2.1 ± 0.1 MPa, entre 90 y 110° C, con dimensiones interiores adecuadas para alojar un bastidor con 10 bandejas para el ensayo. El bastidor debe ser apto para sostener 10 bandejas de acero inoxidable en posición horizontal, de modo que el espesor de una delgada capa de ligante ubicada en el fondo de cada bandeja mantenga una uniformidad razonable. El bastidor debe estar diseñado de manera que su inserción y remoción de la cámara sea fácil, cuando todos los elementos y el ligante estén a la temperatura de ensayo. En la Figura 751 - 2 se muestra un esquema de la posible configuración de la cámara y del bastidor con las bandejas, con las dimensiones relevantes, en la Figura 751 - 3 una vista general de equipo, y en la Figura 751 - 4 se muestran detalles de la bandeja y el bastidor.

Nota 3: La cámara de presión puede ser una unidad separada que se coloque dentro de un horno de ventilación forzada para acondicionar los ligantes asfálticos, o ser una parte integral

del sistema de control de temperatura (por ejemplo, por calentamiento directo de la cámara o rodeándola con una unidad de calentamiento sujeta a ella, o un baño de agua). Para los fines prácticos, se recomienda que la cámara tenga 250 mm de diámetro y 265 mm de altura.



Nota 1 - La distancia "a" controla la horizontalidad de las bandejas. El ensamble debe estar sostenido en tres o más puntos. La distancia "a", medida desde cada punto de soporte a la parte inferior de la bandeja (o al soporte de la bandeja), debe ser controlada con una precisión de $\pm 0.05 \text{ mm}$.

Nota 2 - Las distancias " b_1 " y " b_2 " deben ser tales, que cualquier parte activa del transductor de temperatura se encuentre más de 10 mm de cualquier superficie adyacente.

Nota 3 - La distancia "c" debe ser $\geq 12 \text{ mm}$.

Figura 751 - 2. Diagrama que muestra la ubicación de las bandejas y el termómetro de resistencia dentro de la cámara de presión



Figura 751 - 3. Vista general del equipo

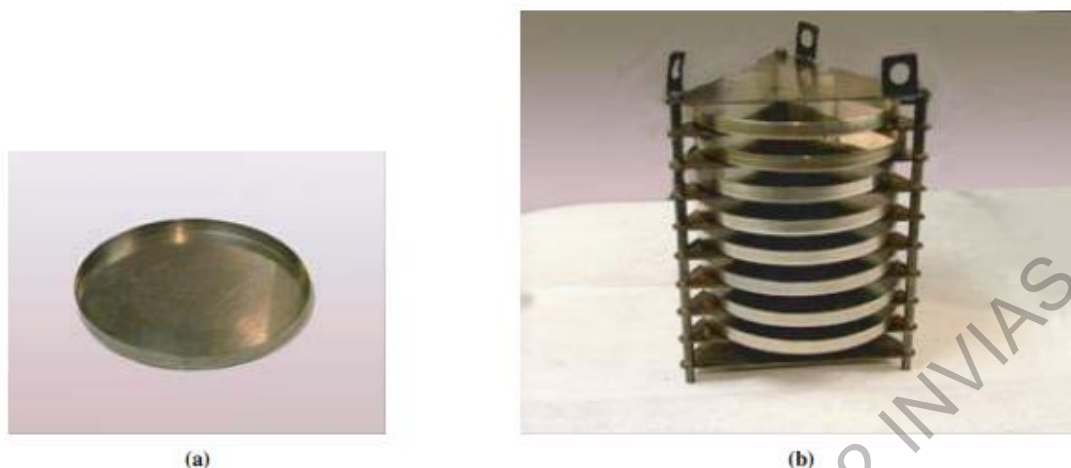


Figura 751 - 4. Ensayo PAV: (a) bandeja; (b) bastidor con bandejas

4.1.2 Dispositivos para el control de la presión:

4.1.2.1 Una válvula de seguridad que evite presiones superiores a la de diseño de la cámara que, en ningún caso, deberá exceder de 2.5 MPa durante el proceso de envejecimiento.

4.1.2.2 Un regulador de presión capaz de controlar la presión dentro de la cámara, con una precisión de ± 0.02 MPa y con una capacidad adecuada para reducir la presión proveniente de la fuente de aire comprimido, de manera que la presión dentro de la cámara cargada se mantenga a 2.1 ± 0.1 MPa durante el ensayo.

4.1.2.3 Una válvula de purga de liberación lenta o un controlador de presión, que permita reducir la presión en la cámara, una vez terminado el ensayo, desde 2.1 MPa hasta la presión atmosférica local, en un lapso de 8 a 15 min.

4.1.3 *Dispositivo para el control de la temperatura* – Un dispositivo digital de control de temperatura como los descritos en los numerales 4.1.4.1 o 4.1.4.2, para mantener la temperatura durante el proceso de envejecimiento en todos los puntos dentro de la cámara presurizada, con una exactitud de $\pm 0.5^\circ$ C.

4.1.3.1 Un horno de tiro forzado o baño líquido capaz de obtener en 2 horas la temperatura de ensayo en la cámara despresurizada, luego de colocar en ésta el bastidor con las bandejas. El dispositivo debe ser capaz de mantener la

temperatura dentro de la cámara en el valor especificado para el ensayo $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$. Si se usa un horno, sus dimensiones interiores deben ser lo suficientemente amplias para permitir la libre circulación del aire forzado dentro de él y alrededor de la cámara, cuando ésta se encuentre dentro del horno. El horno deberá tener un soporte para sostener la cámara cargada en una posición elevada sobre la superficie inferior del horno.

- 4.1.3.2** Una cámara de presión con un sistema integral de control de temperatura, que sea capaz de conducir la cámara de presión cargada y despresurizada a la temperatura de pre-acondicionamiento dentro de las 2 horas siguientes a la colocación de la cámara en el dispositivo de calentamiento, y mantener, en todos los puntos dentro de la cámara a presión, la temperatura de ensayo $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$.

Nota 4: Puede ser necesario el precalentamiento de la cámara de presión para alcanzar la temperatura de ensayo en el período requerido de 2 horas.

4.1.4 *Dispositivos para medir la temperatura y la presión:*

- 4.1.4.1** Un detector de temperatura de resistencia de platino (RTD) con exactitud de 0.1°C y que satisfaga el estándar IEC 751, para medir la temperatura dentro de la cámara de presión. El RTD se debe calibrar con su respectivo medidor o circuito electrónico como una unidad integral.

- 4.1.4.2** *Dispositivo de registro de la temperatura* – Una registradora de cinta u otro tipo de sistema de adquisición de datos capaz de registrar temperaturas durante el ensayo con exactitud de $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$, con un intervalo mínimo de una vez por minuto. Como alternativa, se puede usar un dispositivo electrónico capaz de registrar solamente las temperaturas máxima y mínima (con exactitud de $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$).

- 4.1.4.3** Un manómetro capaz de medir la presión dentro de la cámara con una precisión de $\pm 0.02\text{ MPa}$ durante el ensayo.

- 4.2** *Bandejas de acero inoxidable* – Diez bandejas cilíndricas de acero inoxidable, cada una de $140 \pm 1\text{ mm}$ ($5.5 \pm 0.04''$) de diámetro interior y $9.5 \pm 1.5\text{ mm}$ ($3/8 \pm 1/16''$) de profundidad, de fondo plano. El espesor de la lámina metálica deberá ser, aproximadamente, de 0.6 mm ($0.024''$).

Nota 5: Se requieren bandejas de acero inoxidable y no de aluminio para uso en el PAV, puesto que proporcionan un ambiente más seguro para los hidrocarburos bajo elevadas temperaturas y presiones y, además, no se deforman con tanta facilidad.

Nota 6: Las bandejas presentan tendencia al alabeo con el uso. Aunque los ensayos muestran que un pequeño grado de alabeo no afecta significativamente los resultados, conviene revisarlas con frecuencia, para eliminar las que se encuentren alabeadas o deterioradas. Se ha encontrado que el espesor de lámina indicado en el numeral 4.2 provee una rigidez adecuada.

4.3 *Balanza* – Se deberá emplear una balanza con capacidad de 200 g y sensibilidad de 0.001 g.

4.4 *Horno de vacío* – Un horno de vacío, capaz de mantener una temperatura hasta de 180° C con una exactitud de $\pm 5,0^{\circ}$ C y una presión absoluta de 15 ± 1.0 kPa.

4.4.1 *Dispositivos para medir la temperatura y la presión:*

4.4.1.1 *Dispositivo para medir la temperatura* – Un sensor de temperatura capaz de medir la temperatura de la cámara del horno de vacío con una exactitud de $\pm 5^{\circ}$ C.

4.4.1.2 *Dispositivo para medir el vacío* – Un manómetro de vacío, o uno de presión absoluta, o un sistema de medida digital que mida la presión absoluta en la cámara dentro de ± 0.5 kPa (± 1.0 pg Hg).

4.5 *Sistema de vacío* – Un sistema de vacío capaz de generar y mantener presiones absolutas bajo 15 kPa. Un sistema de vacío adecuado incluye una bomba de vacío, un aspirador de aire o un sistema casero de vacío.

Nota 7: Un manómetro de vacío suministra la diferencia de presión entre la presión atmosférica y la presión absoluta en el horno de vacío. Al nivel del mar, donde la presión atmosférica es 101.3 kPa (29.9 pg Hg), y con una presión absoluta dentro del horno igual a 15.0 kPa (4.4 pg Hg), el manómetro de vacío leerá 86.3 kPa (25.5 pg Hg). A 1000 m (3281 pies) sobre el nivel del mar, donde la presión atmosférica es 89.7 kPa (26.5 pg Hg), el manómetro de vacío leerá 26.5 menos 4.4 pg Hg, es decir, 22.1 pg Hg. La corrección por efecto de la altura sobre el nivel del mar se puede adoptar restando 0.85 pg H por cada 250 m de altitud (o restando 0.52 pg Hg por cada 500 pies).

4.6 *Horno* – Que pueda mantener una temperatura de $168 \pm 5^{\circ}$ C.

5 MATERIALES

- 5.1 Aire comprimido** – Que cumpla los requerimientos mínimos de la CGA (*Compressed Gas Association*) para el aire grado D y que tenga un punto de condensación máximo de -40°C .

Nota 8: En los Estados Unidos de América, el aire de grado D de la CGA se conoce comúnmente como aire para respiración OSHA (Occupational Safety and Health Administration). La CGA define el aire grado D, como conteniendo 19.5 – 23.5 % de oxígeno, balanceado principalmente por nitrógeno. El dióxido de carbono (CO_2) está limitado a 1000 ppm (v/v), el monóxido de carbono (CO) a 10 ppm y el aceite (condensado) a 5 mg/m^3 , a temperatura y presión normales.

6 RIESGOS

- 6.1** Se deben emplear procedimientos seguros de laboratorio para el manejo del cemento asfáltico caliente cuando se preparen y acondicionen los especímenes y se remuevan los residuos de la cámara de presión. Se debe tener especial cuidado al levantar la cámara.

7 CALIBRACIÓN Y NORMALIZACIÓN

7.1 Sensores de temperatura:

- 7.1.1 Dispositivo termométrico del PAV** – Se verifica la calibración del RTD a $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ al menos cada 6 meses, usando un termómetro calibrado de acuerdo con un estándar nacional. La verificación se debe realizar cerca de la temperatura de uso, en un rango de 90 a 110°C .

Nota 9: Si el sensor dentro del PAV está orientado en dirección horizontal, se puede usar un bloque de bronce o latón de $25 \times 25 \times 25\text{ mm}$, con orificios taladrados en dos caras adyacentes, para acomodar los sensores, con el fin de acoplarlos térmicamente.

- 7.1.2 Dispositivo termométrico del horno de vacío** – Se debe verificar su calibración a $\pm 1^{\circ}\text{C}$ al menos cada 6 meses, usando un termómetro calibrado de acuerdo con un estándar nacional. La verificación se debe realizar a una temperatura que se encuentre en un rango de $\pm 10^{\circ}\text{C}$ la de uso.

7.2 Manómetros de presión y vacío:

- 7.2.1 Manómetro de presión del PAV** – Se debe verificar su calibración dentro de $\pm 0.02\text{ MPa}$ al menos cada 6 meses, usando un indicador de

presión calibrado de acuerdo con un estándar nacional. La verificación se debe realizar a una presión cercana a la de uso, en un rango de 2.00 a 2.10 MPa.

7.2.2 *Vacío del horno de vacío o manómetro de presión absoluta* – La calibración de la cámara de vacío, o el manómetro de presión absoluta, o el sistema digital de medición de vacío, se deben verificar al menos cada 6 meses, para igualar una lectura de presión absoluta con una variación máxima de ± 0.5 kPa (± 0.2 pg Hg), usando un indicador de presión calibrado de acuerdo con un estándar nacional. La verificación se debe realizar a una presión cercana a la de uso, en un rango de 12.5 a 17.5 kPa (Ver nota 7).

7.3 *Planicidad* – La planicidad relativa de las muestras es importante para los resultados del proceso de envejecimiento.

7.3.1 Se verifica la planicidad del bastidor solo, colocándolo sobre una superficie nivelada y midiendo la planicidad del estante superior del bastidor. Para ello, se recomienda un nivel circular tipo ojo de buey. También, se permite el uso de un nivel pequeño de mecánico [de unos 150 mm (6")] pero, en este caso, la planicidad se deberá verificar en ángulos rectos.

7.3.2 La planicidad del bastidor se debe verificar también cuando se encuentre dentro de la cámara de presión. Tanto la cámara como el bastidor se deberán calentar a la temperatura de operación antes de realizar esta verificación. El proceso es similar al descrito en el numeral 7.3.1, salvo que los soportes del horno para el ensamblaje o los soportes del sistema de nivelación se deben ajustar de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

7.4 *Normalización* – Para aquellas cámaras donde la presurización sea operada por el operador, se debe emplear el procedimiento descrito en seguida, para determinar la temperatura óptima a la cual se debe aplicar la presión a la cámara. Se deberán realizar algunas corridas de envejecimiento. Se carga la cámara con el bastidor y las bandejas vacías y se incrementa la temperatura dentro de la cámara hasta la temperatura para la prueba de envejecimiento. Cuando la temperatura dentro de la cámara esté dentro de 10° C de la temperatura de envejecimiento elegida, se aplica una presión de aire de 2.1 ± 0.1 MPa. Se registra el incremento de temperatura producido al aplicar la presión. Se repite el procedimiento al menos tres veces y se usa el promedio del incremento de temperatura para establecer la temperatura a la cual se

debe aplicar la presión a la cámara para realizar el proceso de envejecimiento. Esta información es de utilidad en el numeral 8.9.

8 PROCEDIMIENTO

- 8.1** Se coloca el bastidor dentro de la cámara de presión. Si se usa un horno, se coloca la cámara en el horno, se elige la temperatura para la prueba de envejecimiento, y se precalienta la cámara a dicha temperatura. Si se usa una cámara con un control de temperatura integrado, se selecciona la temperatura de ensayo y se siguen las instrucciones del fabricante para el precalentamiento.

Nota 10: Para acondicionar el ligante en conformidad con una determinada especificación, se debe seleccionar la temperatura de envejecimiento establecida en dicha especificación.

Nota 11: Para cámaras colocadas en un horno, se precalienta la cámara de presión entre 10 y 15° C por encima de la temperatura de ensayo, para reducir la caída de temperatura en la cámara durante el proceso de carga de las bandejas y minimizar el tiempo requerido para estabilizar el sistema una vez cargado, y obtener así la temperatura requerida con mayor facilidad.

Nota 12: La temperatura de envejecimiento en el PAV se selecciona teniendo en cuenta diferentes regiones climáticas. Temperaturas que excedan de, aproximadamente, 115° C, pueden cambiar la estructura química del ligante asfáltico al usar la práctica de envejecimiento acelerado, y se deben evitar.

- 8.2** Si se requiere, se envejece previamente el ligante asfáltico mediante el método de la norma INV E-720, ensayo de película delgada rotatoria.
- 8.3** Se combinan los residuos calientes provenientes del ensayo anterior dentro de un solo recipiente, se agita para mezclar y se vacía en las bandejas de acero inoxidable de acuerdo con el numeral 8.4, o bien se deja que el residuo se enfríe a temperatura ambiente, se cubre y se guarda hasta realizar el ensayo de envejecimiento acelerado. Si se ha permitido que el ligante asfáltico se enfríe a temperatura ambiente, se debe calentar nuevamente hasta que presente suficiente fluidez, se agita para homogeneizarlo y después se vierte en las bandejas.
- 8.4** Se coloca cada bandeja de acero inoxidable sobre una balanza y se agregan a ella 50 ± 0.5 g de ligante asfáltico. Esta cantidad dará lugar a una capa de ligante de unos 3.2 mm de espesor.

Nota 13: El cambio de masa no se mide como parte de este procedimiento. El cambio de masa no es significativo, porque el ligante asfáltico absorbe aire como resultado de la presurización. Cualquier ganancia en masa como resultado de la oxidación lleva enmascarada la absorción de aire por parte del ligante como resultado de la presurización.

- 8.5** Si una cámara de calentamiento en horno es precalentada a una temperatura distinta a la deseada, se reajusta el control de temperatura del horno a la temperatura de envejecimiento.
- 8.6** Las operaciones descritas en los numerales 8.7 y 8.8 se deben realizar tan rápidamente como sea posible, para evitar el enfriamiento de la cámara y del bastidor.
- 8.7** Se colocan las bandejas con ligante asfáltico en el bastidor. Durante un mismo ensayo, en la cámara de presión se pueden colocar bandejas que contengan ligantes asfálticos provenientes de distintas fuentes o grados. Se coloca el bastidor con las bandejas llenas dentro de la cámara de presión y se cierra. No es necesario poner bandejas vacías en los estantes del bastidor donde no se hayan colocado muestras.
- 8.8** Si se usa un horno, se coloca la cámara de presión cargada y cerrada dentro del horno. Se conectan las líneas del termómetro de resistencia y del suministro de aire a las conexiones externas de la cámara, según lo requieran el diseño de la cámara y la configuración del horno.
- 8.9** Para cámaras de presión colocadas en un horno, se espera hasta que la temperatura en el interior de la cámara alcanza la especificada menos el valor determinado en el numeral 7.4, se aplica una presión de aire de $2,1 \pm 0,1$ MPa y se inicia la medida del tiempo del ensayo. Si se usa un control integrado de temperatura en la cámara, se siguen las instrucciones del fabricante con respecto a la temperatura deseada de pre-calentamiento para presurizar la cámara a $2,1 \pm 0,1$ MPa y se inicia la medida del tiempo del ensayo. Si la temperatura dentro de la cámara de presión no alcanza la temperatura deseada mediante la aplicación de presión dentro de 2 h contadas desde la carga del bastidor con las bandejas, se interrumpe el procedimiento y se descartan las muestras de asfalto.

Nota 14: Presiones que excedan 2.1 MPa no incrementan sustancialmente la rapidez de envejecimiento. Por ello, presiones mayores que la señalada no se justifican.

Nota 15: Una vez presurizada, la temperatura dentro de la cámara de presión se equilibra rápidamente. El tiempo bajo presión, sin incluir el período de precalentamiento a presión ambiente, corresponde al tiempo de envejecimiento. Dado que el ligante asfáltico ha sido envejecido a 163° C en el ensayo de película delgada rotatoria, el envejecimiento producido a presión ambiente durante el período de precalentamiento es pequeño, y por lo tanto, ese tiempo no se considera.

- 8.10** Se mantienen la temperatura y la presión de aire dentro de la cámara de presión por $20 \text{ h} \pm 10 \text{ min}$.

- 8.11** Si la temperatura varía en relación con la elegida para el ensayo en más de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ durante más de 60 minutos en las 20 horas del período de envejecimiento, las condiciones del proceso se declaran inválidas y se descarta la muestra. De la misma manera se procederá si la temperatura indicada por el dispositivo de registro varía respecto de la elegida en más de 5°C por más de 10 minutos acumulados durante las 20 horas. Si la presión al término del período de ensayo está por fuera del rango indicado en el numeral 8.9, también se declararán inválidas las condiciones del proceso y se descarta la muestra. Si se empleó un dispositivo que registra sólo las temperaturas máxima y mínima, las condiciones del proceso se declararán inválidas y se descartará la muestra, si una de dichas temperaturas varió en más de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ durante las 20 horas del ensayo.
- 8.12** Al finalizar el período de ensayo de 20 h, se comienza a reducir lentamente la presión dentro de la cámara usando la válvula de purga, la cual se debe ajustar con una apertura tal, que requiera entre 8 y 15 min para igualar las presiones externas e internas de la cámara, evitando así el excesivo burbujeo y la formación de espuma en el ligante. Alternativamente, se puede programar el regulador de presión para que libere lentamente la presión en un plazo de 15 min. Los tiempos para la liberación y el equiparamiento de las presiones no se deben incluir dentro de las 20 horas del ensayo.
- 8.13** Se hace vacío para remover el aire de las muestras envejecidas.
- 8.13.1** Se remueve del PAV el bastidor con las bandejas y se colocan éstas en un horno a $168 \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 15 ± 1 min.
- 8.13.2** Se precalienta el horno de vacío hasta estabilizarlo a $170 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- 8.13.3** Se remueven las bandejas del horno y se vierte el residuo caliente desde las bandejas a un solo recipiente, cuyas dimensiones permitan que la totalidad del residuo ocupe en él un espesor entre 15 y 40 mm (de ser necesario, se deberá usar más de un recipiente). Luego de vaciar la última bandeja, se transfiere el recipiente al horno de vacío dentro del minuto siguiente, donde se mantiene a $170 \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 10 ± 1 min sin someterlo a vacío.
- Nota 16: Es imperativo calentar el ligante antes de someterlo a vacío, ya que una vez aplicado el vacío se transfiere poco calor a la muestra*
- 8.13.4** Después de los 10 min de equilibrio, se abre la válvula de vacío tan rápidamente como sea posible para reducir la presión en el horno a 15 ± 2.5 kPa absolutos (Ver nota 7) durante 30 ± 1 min. Al final de los 30

min, se libera el vacío y se retira el recipiente. Si permanecen burbujas en la superficie del residuo, se deben remover aplicando una llama o un cuchillo caliente sobre la superficie.

- 8.14** Si los ensayos para determinar las propiedades del residuo no se realizan inmediatamente, la muestra se puede cubrir y almacenar a temperatura ambiente para futuros ensayos. No se han realizado estudios para determinar si el ensayo de envejecimiento y las pruebas subsecuentes se deben ejecutar como una secuencia continua. Por lo tanto, por ahora resulta aceptable verter el residuo de las bandejas del PAV en los recipientes para desgasificación, y luego: (1) permitir el enfriamiento de la muestra y desgasificar otro día, o (2) desgasificar el material envejecido y luego permitir su enfriamiento. Los pasos críticos antes de ensayar las muestras envejecidas son: (1) recalentar el asfalto envejecido a $168 \pm 5^\circ \text{C}$ por un máximo de 30 min antes de usar la muestra para los ensayos subsecuentes, y (2) agitar la muestra para asegurar su homogeneidad.

9 INFORME

- 9.1** Se debe reportar la siguiente información:

- 9.1.1** Identificación de la muestra.
- 9.1.2** Temperatura de envejecimiento del ensayo, aproximada a 0.5°C .
- 9.1.3** Registro de temperaturas máximas y mínimas, aproximadas a 0.1°C .
- 9.1.4** Tiempo total de envejecimiento durante el cual la temperatura estuvo fuera del rango específico, aproximado al minuto.
- 9.1.5** Tiempo total de envejecimiento, en horas y minutos.
- 9.1.6** Indicar la temperatura y el tiempo de calentamiento, si se requirió una temperatura mayor de 163°C en cualquier momento durante el manejo del material.

10 NORMAS DE REFERENCIA

ASTM D 6521 – 08