

**METODO CH-5H: DETERMINACION DE PARTICULAS EMITIDAS DESDE UN  
CALEFACTOR A LEÑA EN UN SITIO DE LA CHIMENEA**

**1.0 Aplicabilidad y Principio**

1.1 Aplicabilidad

Este método se aplica para la determinación de material particulado y de emisiones condensables en calefactores a leña.

1.2 Principio

El material particulado se extrae proporcionalmente desde un calefactor a leña y se recolecta en dos filtros de lana de vidrio separados por impingers que se encuentran inmersos en un baño de hielo. El primer filtro se mantiene a una temperatura no mayor de 120° C (248° F). El segundo filtro y el sistema impingers se enfrían de manera tal que la temperatura del gas no sea superior a 20° C (68° F). La masa de material particulado recogido en la sonda, en el filtro y en los impingers, se determina gravimétricamente, después de llevarla a sequedad.

2.0 Aparatos.

2.1 Tren de muestreo.

Se entrega un esquema del tren de muestreo en la Fig. 5H-1, se sugiere PB-209022 para los procedimientos de operación y mantenimiento. El tren consta de los siguientes componentes:

2.1.1 Boquilla de la sonda. (opcional)

Igual que en el Método CH-5, sección 2.1.1. Se considera como alternativa aceptable una sonda recta de muestreo.

2.1.2 Revestimiento de la sonda.

—

Igual que en el Método CH-5, sección 2.1.2, pero con la diferencia de que el largo máximo de la sonda de muestreo debe ser 0,6 m (2 pies) y la calefacción de la sonda es opcional.

2.1.3 Medidor de la presión diferencial.

Igual que en el Método CH-5, sección 2.1.3.

2.1.4 Portafiltros.

Dos, de vidrio de borosilicato, soporte de filtro de frita de vidrio o de acero inoxidable y una empaquetadura de goma de silicona, teflón o de vitón. El diseño del portafiltro debe proporcionar una eficaz obturación contra filtraciones desde el exterior o alrededor del filtro. Se debe colocar el portafiltro inmediatamente en la boca de salida de la sonda y antes del primer impinger. Se debe colocar el segundo portafiltro en la boca de salida del tercer impinger y antes de la entrada del cuarto impinger (con sílica gel).

2.1.5 Sistema de calefacción de filtros.

Igual que en el Método CH-5, sección 2.1.6.

2.1.6 Condensador.

Igual que en el Método CH-5, sección 2.1.7, se usa para recoger materiales condensables y para determinar el contenido de humedad del gas en la chimenea.

2.1.7 Sistema de medición.

Igual que en el Método CH-5, sección 2.1.8.

2.1.8 Barómetro.

Barómetro de mercurio, aneroides u otro con la capacidad para medir presiones atmosféricas de 2,5 mm Hg (0,1 pulg. Hg).

2.2 Sistema de medición de la velocidad de flujo de una chimenea.

En la Fig. 5H-2 se muestra un esquema de ejemplo del sistema de muestreo. El sistema de medición de la velocidad de flujo consta de los siguientes componentes:

2.2.1 Sonda de muestreo.

Una sonda de muestreo de acero inoxidable o de vidrio.

2.2.2 Sistema de acondicionamiento del gas.

Se puede usar un filtro de alta densidad para extraer el material particulado y un condensador con la capacidad para reducir el punto de condensación del gas a menos de 5°C (40°F). También se puede emplear un desecante como Drierita para secar la muestra de gas. No se debe usar sílica gel.

2.2.3 Bomba.

Una bomba inerte (es decir, cabezales de teflón o de acero inoxidable) de muestreo con la capacidad para entregar una cantidad mayor que el total de muestra requerida por las instrucciones del fabricante para instrumentos individuales. Se debe proporcionar un medio para controlar la velocidad de flujo del analizador y un dispositivo para determinar la adecuada velocidad de flujo de la muestra (por ejemplo, un rotámetro de precisión, manómetro corriente abajo de todos los controles de flujo). Los requerimientos para medir y controlar la velocidad de flujo del analizador no son aplicables si la información presentada demuestra que el analizador no es sensible a las variaciones de flujo sobre el rango obtenido durante el muestreo.

2.2.4 Analizador de CO.

---

Todo analizador con la capacidad para entregar una medición de CO en el rango de 0 a 10% en volumen, al menos una vez cada 10 minutos.

2.2.5 Analizador de CO<sub>2</sub>.

Todo analizador con la capacidad para entregar una medición de CO<sub>2</sub> en el rango de 0 a 25% en volumen, al menos una vez cada 10 minutos.

NOTA: Se pueden utilizar analizadores con rangos menores de los especificados más arriba, siempre y cuando las concentraciones reales no sobrepasen el rango del analizador.

2.2.6 Distribuidor.

Un tubo de muestreo con la capacidad para entregar el gas de muestreo a 2 analizadores y manejar el exceso de la cantidad total usada por los analizadores. Este exceso de gas es desechado a través de un puerto separador.

2.2.7 Registradores. (opcional)

Para proporcionar un registro permanente de los resultados de los analizadores.

2.3 Sistema medidor de la velocidad proporcional del flujo de gas.

Para monitorear los cambios de la velocidad de flujo de chimenea y para entregar una medición que puede ser utilizada para ajustar y mantener proporcionalmente las velocidades de flujo de muestreo del material particulado con la velocidad de flujo de chimenea. En la Fig. 5H-2 se muestra un esquema del sistema de velocidad proporcional de flujo, que consta de los siguientes componentes:

2.3.1 Sistema de inyección de gas traza.

Para inyectar una concentración conocida de SO<sub>2</sub> en el ducto. Este sistema de inyección de gas traza consta de un cilindro de SO<sub>2</sub>, un regulador del cilindro de gas, una válvula de aguja de acero inoxidable o controlador de flujo, un rotámetro no reactivo (acero inoxidable y vidrio) y un espiral de inyección para dispersar el SO<sub>2</sub> en forma pareja en el ducto.

2.3.2 Sonda de muestreo.

Una sonda de muestreo de vidrio o de acero inoxidable.

2.3.3 Sistema de acondicionamiento de gas.

\*\*\*\*\*  
Un combustor tal como el descrito en el Método 16A, secciones 2.1.5 y 2.1.6, seguido por un un filtro de alta densidad para extraer el material particulado y un condensador con la capacidad para reducir el punto de condensación a menos de 5°C (40°F). También se puede emplear un desecante como Drierita para secar la muestra de gas. No se debe utilizar sílica gel.

2.3.4 Bomba.

Igual que la descrita en la sección 2.2.3.

2.3.5 Analizador de SO<sub>2</sub>.

Todo analizador con la capacidad para entregar una medición de la concentración de SO<sub>2</sub> en el rango de 0 a 1.000 ppm por volumen (u otro rango necesario para medir la concentración de SO<sub>2</sub>), al menos una vez cada 10 minutos.

---

2.3.6 Registrador (opcional).

Para entregar un registro permanente de la respuesta del analizador.

NOTA: Está permitido recurrir a otros sistemas de gas traza, incluidos los sistemas de gas de helio, para determinar las velocidades de muestreo proporcionales instantáneas.

2.4 Recuperación de muestras.

Se necesitan escobillas para el revestimiento y la boquilla de la sonda, botellas de lavado, recipientes para almacenar muestras, cajas Petri, probetas o balanzas graduadas, recipientes plásticos para almacenar, embudos y varillas de vidrio con punta de goma, tal como se describe en el Método CH-5, secciones 2.2.1 hasta 2.2.8, respectivamente.

2.5 Análisis.

Se necesitan platos de pesaje, desecador, balanza para laboratorio, vasos de precipitados (de 250 ml o menos), higrómetros o psicrómetros y medidor de temperatura, tal como se indica en el Método CH-5, secciones 2.3.1 hasta 2.3.7, respectivamente. Además, se requiere un embudo de decantación de llave de vidrio o teflón de 500 ml o más.

3.0 Reactivos.

3.1 Muestreo.

Los reactivos que se utilizan en el muestreo son los siguientes:

3.1.1 Filtros.

Filtros de fibra de vidrio, sin aglutinante orgánico, exhibiendo al menos un 99,95% de eficiencia (<0,05% de penetración) en partículas de humo de Dioctil Ftalato de 0,3 micrones. Se estiman

—

aceptables para este propósito los filtros Gelman A/E 61631.

3.1.2 Sílica gel.

Igual que en el Método CH-5, secciones 3.1.2.

3.1.3 Agua.

Agua destilada y desionizada para cumplir con la especificación ASTM D1193- 77, tipo 3. Realizar blancos previo al uso en terreno para eliminar un blanco alto en las muestras.

3.1.4 Hielo molido.

3.1.5 Grasa de sellado.

Igual que el Método CH-5, sección 3.1.5.

3.2 Recuperación de muestras.

Igual que en el Método CH-5, sección 3.2.

3.3 Gases de cilindro.

Para los propósitos de este procedimiento, se define el valor de la escala como el límite superior del rango especificado para cada analizador, tal como se describe en la sección 2.2 ó 2.3. En caso de emplear un analizador con un rango distinto del especificado en este método, entonces el valor de la escala debe ser igual al límite superior del rango del analizador utilizado (Ver NOTA en la sección 2.2.5).

3.3.1 Gases de calibración.

Los gases de calibración para los analizadores de CO<sub>2</sub>, CO y SO<sub>2</sub> deben corresponder a CO<sub>2</sub>, CO, o SO<sub>2</sub>,

---

según sea apropiado, en N<sub>2</sub>. Se pueden combinar en un solo cilindro los gases de calibración de CO<sub>2</sub> y CO.

Para verificar las concentraciones de los gases de calibración, se emplearán gases de calibración preparados según el protocolo USEPA N°1. Cada 6 meses antes de realizar el muestreo de certificación, se debe analizar cada mezcla de gases de calibración de CO<sub>2</sub> y CO en triplicado, utilizando el Método CH-3, y mensualmente se deben analizar las mezclas de gases de calibración de SO<sub>2</sub>, empleando el Método CH-6.

Para mezclas de gases de niveles bajo, medio y alto, cada uno de los resultados individuales de los análisis de SO<sub>2</sub> debe encontrarse dentro del 10% (ó 10 ppm, el que sea mayor) del promedio del set triplicado. Los resultados individuales de los tests de CO<sub>2</sub> y CO deben encontrarse dentro del 0,5% del promedio del set triplicado de CO<sub>2</sub> y CO; de lo contrario, se debe rechazar todo el set y repetir los 3 análisis. Si el promedio de los resultados del método de muestreos triplicados se encuentra dentro del 5% para el gas de SO<sub>2</sub> (ó 0,5% de CO<sub>2</sub> y CO para gases de CO<sub>2</sub> y CO) de los valores especificados por el fabricante de gases de calibración, entonces se debe usar ese valor especificado. En caso contrario, es necesario realizar al menos 3 análisis adicionales del método de medición hasta que los resultados de 6 corridas individuales de SO<sub>2</sub> (las 3 originales más las 3 adicionales) concuerden dentro del 10% (ó 10 ppm, el que sea mayor) del promedio (los resultados de las mediciones de CO<sub>2</sub> y CO deben estar dentro del 0,5%). Luego se usa este promedio para el valor del cilindro. Se requieren 4 niveles



—

de gas de calibración, tal como se indica más abajo.\_

3.3.1.1 Gas de alto nivel.

Una concentración de gas equivalente entre el 80% hasta el 90% del valor de la escala.

3.3.1.2 Gas de nivel medio.

Una concentración de gas equivalente entre el 45% hasta el 55% del valor de la escala.

3.3.1.3 Gas de nivel bajo.

Una concentración de gas equivalente entre el 20% hasta el 30% del valor de la escala.

3.3.1.4 Gas cero.

Una concentración de gas inferior al 0,25% del valor de la escala. Se puede utilizar el aire purificado como gas cero para los analizadores de CO<sub>2</sub>, CO y SO<sub>2</sub>.

3.3.2 Gas de inyección de SO<sub>2</sub>.

Una concentración conocida de SO<sub>2</sub> en N<sub>2</sub>. La concentración debe ser al menos 2% de SO<sub>2</sub> con un máximo de 100% de SO<sub>2</sub>. El fabricante debe certificar que la concentración del cilindro se encuentra dentro del 2% de la concentración especificada.

3.4 Análisis.

Se requieren 3 reativos para los análisis.

3.4.1 Acetona.

Igual que en la sección 3.2.

3.4.2 Diclorometano (cloruro de metileno).

---

Grado reactivo con un residuo menor al 0,001% , en botellas de vidrio.

3.4.3 Desecante.

Sulfato de calcio anhidro, cloruro de calcio o sílica gel, indicando el tipo.

4.0 Especificaciones del rendimiento del sistema de medición de gas.

4.1 Tiempo de respuesta.

La cantidad de tiempo requerido para que el sistema de medición entregue un 95% del cambio de etapa de la concentración de gas. El tiempo de respuesta para cada analizador y sistema de acondicionamiento de gas no debe ser superior a los 2 minutos.

4.2 Desviación del cero.

El valor de desviación del cero para cada analizador debe ser al menos 2,5% del valor de la escala durante el período de la corrida de muestreo.

4.3 Desviación de la calibración.

El valor de desviación medido con el gas de calibración de nivel medio para cada analizador debe ser inferior al 2,5% del valor de la escala durante el período de la corrida de muestreo.

4.4 Resolución.

La respuesta de salida para cada analizador debe ser 0,5% del valor de la escala o inferior.

4.5 Error de calibración.

---

La curva de calibración lineal producida al utilizar los gases de calibración cero y de nivel medio deben predecir la verdadera respuesta frente a los gases de calibración de alto y bajo nivel dentro del 2% del valor de la escala.

5.0 Procedimiento.

5.1 Preparación previa al muestreo.

5.1.1 Filtro y desecante.

Igual que en el Método CH-5, sección 4.1.1.

5.1.2 Sonda y boquilla de muestreo.

La ubicación del sitio de muestreo para la sonda de muestreo de particulado debe estar a  $2,45 \pm 0,15$  m ( $8 \pm 0,5$  pies) sobre la plataforma donde se ubica el calefactor a leña (es decir, la parte superior de la balanza).

Seleccionar una boquilla, en caso de usar, de tamaño adecuado para el rango de las presiones de la velocidad, de forma tal que no sea necesario cambiar el tamaño de la boquilla para mantener las velocidades de muestreo proporcionales. Durante la corrida, no se debe cambiar el tamaño de la boquilla.

Seleccionar un revestimiento y largo de sonda adecuados para obtener el mínimo bloqueo.

5.1.3 Preparación del tren de muestreo de partículas.

Durante la preparación y el montaje del tren de muestreo de partículas, se deben mantener cubiertas todas las aperturas donde puede haber contaminación hasta justo antes del montaje o hasta que esté por llevarse a cabo el muestreo.

---

En cada uno de los 2 primeros impingers colocar 100 ml de agua, dejar el tercero vacío y transferir unos 200 a 300 g. de sílica gel previamente pesada desde su recipiente hasta el cuarto impinger. Se puede emplear más sílica gel, pero una cantidad tal que durante el muestreo no salga del impinger. Colocar el recipiente en un lugar limpio para su uso posterior durante la recuperación de muestras. Alternativamente se puede determinar el peso de la sílica gel más el impinger al 0,5 g. más próximo y registrar.

Utilizando una pinza o guantes quirúrgicos, se debe colocar un filtro etiquetado (identificado) y pesado en cada uno de los portafiltros. Asegurarse que cada uno de los filtros esté bien centrado y que la empaquetadura esté bien ubicada para evitar que la corriente de gas de muestra salga por los bordes del filtro. Una vez que se ha completado el ensamble, se deben revisar los filtros para detectar roturas.

Cuando se usan revestimientos de vidrio, es necesario instalar la boquilla seleccionada, empleando un O-ring de vitón A. También se pueden usar sistemas conectores que usan ya sea férulas de teflón o de acero inoxidable 316. Se debe marcar la sonda con cinta adhesiva resistente al calor o usando otro método para indicar la distancia adecuada al interior de la chimenea o ducto.

Instalar el tren tal como se muestra en la Fig. 5H-1, utilizando (en caso de ser necesario) una capa muy delgada de grasa de silicona en todas las uniones de vidrio esmerilado, engrasando sólo la parte exterior (Ver PB-209022) para evitar la

—

posibilidad de contaminación por la grasa ya mencionada.

Colocar hielo picado alrededor de los impingers.

5.1.4 Procedimientos de revisión para detectar fugas.

5.1.4.1 Revisión de fugas previas al muestreo.

Se recomienda, pero no se requiere, efectuar una revisión para detectar fugas antes del muestreo. Si el operador opta por conducir la revisión ya mencionada, se debe realizar tal como se describe en el Método CH-5, sección 4.1.4.1, pero con la diferencia de que se puede usar un vacío de 130 mm Hg (5 pulg. Hg), en vez de uno de 380 mm Hg (15 pulg. Hg).

5.1.4.2 Revisión para detectar fugas durante una corrida de muestras.

Si durante una corrida de muestras, es necesario cambiar un componente (por ejemplo, montaje de filtro o impinger), se debe realizar una revisión para detectar fugas tal como se describe en el Método CH-5, sección 4.1.4.2.

5.1.4.3. Revisión para detectar fugas después del muestreo.

Es obligatorio efectuar una revisión para detectar fugas al término de cada corrida de muestreo. Esta revisión se debe llevar a cabo según los procedimientos descritos en el Método CH-5 , sección 4.1.4.3, pero con la diferencia de que en vez de usar un vacío de 380 mm Hg (15 pulg. Hg) se puede usar uno de 130 mm Hg (5 pulg. Hg) o el vacío más grande medido durante la corrida de muestreos, el que sea mayor.

5.1.5 Procedimiento de gas traza.

---

En la Fig.5H-2 se entrega un esquema de los sistemas de inyección de gas traza y de muestreo.

5.1.5.1 Sonda de inyección de SO<sub>2</sub>.

Se debe instalar una sonda de inyección de SO<sub>2</sub> y un espiral de dispersión en la chimenea en una ubicación a  $2,8 \pm 0,15$  m ( $9,5 \pm 0,5$  pies) sobre la plataforma de muestreo.

5.1.5.2 Sonda de muestreo de SO<sub>2</sub>.

Instalar la sonda mencionada al centro de la chimenea a  $4 \pm 0,15$  m ( $13,5 \pm 0,5$  pies) sobre la plataforma de muestreo.

5.1.6 Sistema de medición de la velocidad de flujo.

En la Fig. 5H-2 se entrega un esquema del sistema de medición de la velocidad de flujo. Se debe colocar la sonda de muestreo de medición de la velocidad de flujo al centro de la chimenea a  $2,3 \pm 0,3$  m ( $7,5 \pm 1$  pies) sobre la plataforma de muestreo.

5.2 Procedimientos para efectuar las corridas de muestreo.

En el Método CH-28, sección 6.4.1 se define el comienzo de la corrida de muestreo.

5.2.1 Procedimiento de gas traza.

Dentro del primer minuto después de haber cerrado la puerta del calefactor a leña al inicio de la corrida de muestreo, se debe medir una concentración conocida de gas traza de SO<sub>2</sub> a una velocidad de flujo constante en la chimenea del calefactor. Monitorear la concentración de SO<sub>2</sub> en la chimenea y registrar las concentraciones de SO<sub>2</sub> a intervalos de 10 minutos o más seguido, según lo estime el operador. Ajustar la velocidad de flujo de muestreo proporcionalmente con los cambios de concentración de SO<sub>2</sub>, utilizando la ecuación 5H-6 (por ejemplo, se mide la

---

concentración de SO<sub>2</sub> en la primera lectura a los 10 minutos y corresponde a 100 ppm; para la próxima medición, 10 minutos más tarde, la concentración medida es de 75 ppm: se ajusta la velocidad de flujo de muestreo de partículas desde el inicio 0,15 cfm a 0,20 cfm). Una vez finalizada la corrida de muestreo, se debe revisar la variación de la velocidad proporcional, empleando la ecuación 5H-10.

5.2.2 Procedimiento para determinar la velocidad de flujo volumétrico.

Aplicar las relaciones estequiométricas al proceso de combustión a leña para determinar la velocidad de flujo de gas de escape, de la siguiente forma:

5.2.2.1 Peso de la carga del test de combustible.

Se debe registrar el peso de la carga del test de combustible en kilogramos (húmedo), tal como se especifica en el Método CH-28, sección 6.4.2. Se supone que la leña presenta la siguiente composición en porcentaje en peso: 51% carbono, 7,3% hidrógeno, 41% oxígeno. Se debe registrar la humedad de la leña para cada carga de la misma, tal como se indica en el Método CH-28, sección 6.2.5. Se supone que las cenizas tienen un efecto insignificante en concentraciones asociadas de C, H, O, después del muestreo de quemado.

5.2.2.2 Valores medidos.

Se deben registrar las concentraciones de CO y de CO<sub>2</sub> en la chimenea sobre una base seca cada 10 minutos durante la corrida de muestreo o más seguido, según lo estime el operador. Promediar estos valores para la corrida de muestreo. Usar como fracción molar (por ejemplo, 10% de CO<sub>2</sub> se registra como 0,10) en los cálculos para expresar flujo total ecuación 5H-7.

—

### 5.2.3 Operación del tren de partículas.

Para cada corrida, se debe registrar la información requerida en una hoja de datos como la que se muestra en la Fig. 5H-3. Es necesario asegurarse de registrar la lectura inicial del medidor de gas seco. Enseguida registrar las lecturas del mismo al comienzo y al final de cada incremento de tiempo de muestreo, cuando se cambian las velocidades de flujo, antes y después de las revisiones para detectar fugas y cuando se detiene el muestreo. Se deben tomar otras lecturas, tal como se indica en la Fig. 5H-3, por lo menos una vez cada 10 minutos durante la corrida de muestreo.

Retirar la tapa de la boquilla, verificar que los sistemas de calefacción de la sonda y del filtro se encuentren a una temperatura adecuada y que la sonda esté en una posición apropiada. Ubicar la boquilla, en caso de usar, de frente a la corriente de gas, o la punta de la boquilla en el área central de 50 mm (2 pulg.) de chimenea.

Se debe tener cuidado de no golpear la punta de la boquilla contra la pared de la chimenea al sacarla o introducirla por la abertura; esto minimiza la posibilidad de sacar material depositado.

Cuando la sonda se encuentra en su posición, bloquear los orificios cercanos a esta y las aberturas, para evitar una dilución no representativa de la corriente de gas.

Se debe comenzar a muestrear al comienzo de la corrida de muestreo, tal como se define en el Método CH-28, sección 6.4.1, hacer funcionar la bomba de muestreo y ajustar la velocidad de flujo entre 0,003 y 0,015 m<sup>3</sup>/min. (0,1 y 0,5 cfm). Ajustar proporcionalmente la velocidad de flujo de muestreo al flujo de la chimenea durante la corrida de muestreo (sección 5.2.1) y mantener una velocidad de muestreo proporcional (dentro del 10% del valor deseado) y una temperatura de portafiltro no superior a los 120°C (248°F).



---

Durante la corrida de muestreo, se deben hacer ajustes periódicos para mantener la temperatura a nivel adecuado cerca del portafiltro. Agregar más hielo en la caja de los impingers y, en caso de ser necesario, agregar sal para mantener la temperatura a menos de 20°C (68°F) en la boca de salida del condensador/sílica gel.

Si la baja de presión cerca del filtro es demasiado alta, lo cual hace difícil mantener el muestreo, entonces se debe cambiar cualquiera de los 2 filtros durante la corrida de muestreo. Se recomienda usar un montaje completo de filtro en vez de tratar de cambiar sólo el filtro. Antes de instalar un nuevo montaje de filtro, se debe realizar una revisión para detectar fugas (ver la sección 5.1.4.2). El peso total de particulado debe incluir la suma de todos los soportes del montaje del filtro. El tiempo total para cambiar los componentes del tren de muestreo no debe exceder los 10 minutos. No se permite más de un cambio de componentes para cada corrida de muestreo.

Al término de la corrida, se debe cerrar la válvula de ajuste grueso, retirar la sonda y la boquilla de la chimenea, parar la bomba, registrar la lectura final del medidor de gas seco y realizar una revisión para detectar fugas después del muestreo, tal como se señala en la sección 5.1.4.3.

### 5.3 Recuperación de muestras.

Iniciar la recuperación de muestras de la sonda y del filtro, tal como se indica en el Método CH-5, sección 4.2, pero con la diferencia de que se puede usar un volumen de blanco de acetona de aproximadamente 50 ml. Se deben tratar las muestras del siguiente modo:

Recipiente N° 1:

---

Retirar cuidadosamente el filtro y colocarlo en su recipiente identificado (caja Petri). Utilizar unas pinzas y/o guantes quirúrgicos desechables y limpios para manipular el filtro. En caso de tener que doblar el filtro, se puede hacer, pero teniendo cuidado que la masa de partículas retenida se encuentre dentro del doblado. Se debe trasladar con mucho cuidado a la caja Petri todo el material particulado y/o fibras del filtro que se adhieran a la empaquetadura del soporte de filtro (frita), utilizando una escobilla seca de cerdas de nylon y/o una hoja filuda. Enseguida sellar y colocar una etiqueta en el recipiente.

Recipiente N° 2:

Sacar el filtro del soporte del filtro empleando los mismos procedimientos descritos más arriba.

Recipiente N° 3:

Igual que en el Método CH-5, sección 4.2, para el recipiente N° 2, pero con la diferencia que las descripciones para tapar y transportar las muestras no se aplican si el análisis y recuperación de estas se realizan en la misma sala.

Recipiente N° 4:

Se deben tratar los impingers de la siguiente forma: medir el líquido de los 3 primeros impingers dentro de 1 ml, utilizando una probeta o pesándolo dentro de 0,5 g con una balanza (en caso de tener una a disposición). Registrar el volumen o peso del líquido presente. Se requiere esta información para calcular el contenido de humedad del gas efluente.

Transferir el agua del primer, segundo y tercer impinger a un recipiente de vidrio. Ajustar la tapa del recipiente para muestras, de modo que no se

---

filtre el agua. Lavar 3 o más veces con acetona el impinger y la probeta, en caso de usar. Se debe evitar el contacto directo entre la acetona y toda grasa de sellado o la acumulación de esta última en las soluciones de lavado. Agregar estas soluciones de lavado al recipiente de muestras N°3.

Siempre que sea posible, se deben trasladar los recipientes de tal modo que permanezcan en una posición vertical todo el tiempo. No se aplican las descripciones para tapar o para transportar las muestras si la recuperación y el análisis de muestras se realizan en la misma sala.

Recipiente N° 5:

Trasladar la sílica gel desde el cuarto impinger a su recipiente original y sellar. Con la ayuda de un embudo se hace más fácil vaciar la sílica gel sin derramar. Se puede emplear una varilla de vidrio con punta de goma para sacar toda la sílica gel del impinger. No es necesario retirar las pequeñas cantidades de partículas de polvo que pueden estar adheridas en la pared del impinger y que son difíciles de sacar. Como el aumento de peso se va a emplear para los cálculos de la humedad, no se debe usar agua o cualquier otro líquido para trasladar la sílica gel. En caso de tener a disposición una balanza, se debe seguir el mismo procedimiento utilizado para el recipiente 5, sección 5.4.

#### 5.4 Análisis.

Registrar la información requerida en una hoja de datos como la que se muestra en la Fig. 5H-4. Manipular cada recipiente de muestras del siguiente modo:

Recipiente N°1 y N°2:

Dejar los contenidos en el recipiente de transporte o trasladar los 2 filtros y todo material particulado suelto del recipiente de muestras a un

---

plato tarado de pesaje de vidrio. Desecar durante no más de 36 horas. Pesar a un peso constante y llevar los resultados al 0,1 mg más próximo. Para los propósitos de esta sección, el término "peso constante" significa una diferencia no superior a 0,5 mg ó 1% del peso total menos el peso tarado, el que sea mayor, entre 2 pesajes consecutivos, con no menos de 2 horas entre ellos.

Recipiente N°3:

Anotar el nivel del líquido en el recipiente y confirmar en la hoja de análisis si hubo filtraciones durante su traslado. Si hubo una filtración evidente, entonces se debe anular la muestra o emplear métodos, sujetos a la aprobación del **Servicio de Salud respectivo**, para corregir los resultados finales. La determinación de la filtración de muestra no es aplicable si la recuperación y el análisis se llevan a cabo en la misma sala. Medir el líquido en este recipiente ya sea volumétricamente dentro de 1 ml o gravimétricamente dentro de 0,5 g. Transferir los contenidos a un vaso de precipitado tarado de 250 ml o más pequeño y evaporar hasta sequedad a temperatura y presión ambiente. Desecar y pesar a un peso constante. Llevar los resultados al 0,1 mg más próximo.

Recipiente N°4:

Anotar el nivel del líquido en el recipiente y confirmar en la hoja de análisis si hubo filtraciones durante su traslado. En caso de haber filtraciones, se debe rechazar la muestra o emplear métodos, sujetos a la aprobación del **Servicio de Salud respectivo**, para corregir los resultados finales. La determinación de la filtración de una muestra no es aplicable si la recuperación y análisis se llevan a cabo en la misma sala.

—

Medir el líquido en este recipiente ya sea volumétricamente con una medida mínima de 1 ml, o bien gravimétricamente con una medida mínima de 0,5 g. Transferir los contenidos a un embudo de decantación de 500 ml o más grande. Lavar el recipiente con agua y agregar al embudo de decantación. Agregar 25 ml de diclorometano en el embudo de decantación, taparlo y agitar vigorosamente durante 1 minuto, dejar que se separen las fases y transferir el diclorometano (Fase inferior) a un vaso precipitado tarado o plato de evaporación. Repetir 2 veces más la extracción. Es necesario lavar el recipiente N°4 con diclorometano. Este lavado se agrega al recipiente de extracto del impinger. Transferir el agua restante del embudo de decantación a un vaso precipitado tarado o plato de evaporación y evaporar hasta secar a 105°C (220° F). Desecar y pesar a un peso constante. Evaporar los extractos de agua combinados del impinger a temperatura y presión ambiente. Desecar y pesar a un peso constante. Llevar ambos resultados al 0,1 mg más próximo.

Recipiente N°5:

Pesar la sílica gel empleada (o sílica gel más impinger) al 0,5 mg más próximo, utilizando una balanza.

Recipiente de blanco de acetona.

Medir la acetona del recipiente volumétrica o gravimétricamente. Transferir la acetona a un vaso de precipitado de 250 ml o más pequeño y evaporar hasta sequedad a temperatura y presión ambiente. Desecar y pesar a peso constante. Llevar los resultados al 0,1 mg más próximo.

Recipiente de diclorometano.

Medir 75 ml de diclorometano en este recipiente y tratarlo de igual forma que el blanco de acetona.

---

Recipiente de blanco de agua.

Medir 200 ml de agua en este recipiente, ya sea volumétrica o gravimétricamente. Transferir el agua a un vaso de precipitado tarado de 250 ml y evaporar hasta sequedad a 105°C (221°F). Desecar y pesar a un peso constante.

6.0 Calibración.

Mantener un registro de todas las calibraciones en el laboratorio.

6.1 Sistema de medición de volumen.

6.1.1 Calibración inicial y periódica.

Se debe calibrar el sistema de medición de volumen, antes del primer muestreo de certificación o de auditoría y después al menos semestralmente, tal como se indica en el Método CH-5G, sección 5.2.1.

6.1.2 Calibración después del uso.

Igual que en el Método CH-5G, sección 5.2.2.

6.1.3 Variación aceptable en la calibración.

Igual que en el Método CH-5G, sección 5.2.3.

6.2 Calibración del calefactor de sonda (opcional).

Se debe calibrar el sistema de calefacción de sonda antes del primer muestreo de certificación o de auditoría. Usar el procedimiento descrito en el Método CH-5, sección 5.4.

6.3 Medidores de la temperatura.

—

Usar el procedimiento entregado en el Método CH-2, sección 4.3 para calibrar los medidores de la temperatura dentro de una chimenea antes del primer muestreo de certificación o de auditoría, y posteriormente 2 veces al año.

- 6.4 Revisión para detectar fugas del sistema de medición que se muestra en la Fig. 5H-1.

Se debe revisar para detectar fugas la porción del tren que va desde la bomba al medidor de orificio después de cada muestreo de certificación o de auditoría. Emplear el procedimiento descrito en el Método CH-5, sección 5.6.

- 6.5 Barómetro.

Calibrar con un barómetro de mercurio antes del primer muestreo de certificación y después semestralmente. En caso de usar un barómetro de mercurio, no es necesario realizar calibraciones. Se deben seguir las instrucciones del fabricante para su operación.

- 6.6 Rotámetro de inyección de SO<sub>2</sub>.

Calibrar el sistema de rotámetro de inyección de SO<sub>2</sub> con un medidor de flujo de film jabonoso o dispositivo similar de medición de volumen directo con una precisión de  $\pm 2\%$ . Operar el rotámetro en una sola lectura durante al menos 3 corridas de calibraciones de 10 minutos cada una. Cuando las 3 velocidades de flujo de calibración consecutivas concuerdan dentro del 5%, se deben promediar las 3 velocidades de flujo, marcar el rotámetro en el ajuste calibrado y utilizar la velocidad de flujo de calibración como la velocidad de flujo de inyección de SO<sub>2</sub> durante la corrida de muestreo. Repetir la calibración del rotámetro antes del primer muestreo de certificación y después semestralmente.

- 6.7 Revisión para detectar errores de calibración del analizador.

---

Realizar la revisión para detectar errores de calibración del analizador antes de cada muestreo de certificación.

6.7.1 Inyección de gas de calibración.

Después que los sistemas de medición de velocidad de flujo y gas traza han sido preparados (secciones 5.1.5.2 y 5.1.6), se deben introducir gases cero y luego gases de calibración de nivel medio en cada analizador. Regular las respuestas de rendimiento del analizador a niveles apropiados. Posteriormente, introducir gases de calibración de niveles alto y bajo, uno por vez, para cada analizador. Registrar las respuestas del analizador.

6.7.2 Valores de aceptabilidad.

Si la curva lineal para cualquier analizador determinada por las respuestas de los gases de calibración cero y de nivel medio no predice las respuestas reales de los gases de niveles alto y bajo dentro del 2% del valor de la escala, entonces se debe considerar inválida la calibración de ese analizador. Se deben tomar medidas correctivas en el sistema de medición antes de repetir la revisión para detectar errores de calibración y proceder con las corridas de muestreo.

6.8 Tiempo de respuesta del sistema de medición.

Introducir gas cero en la válvula de gas de calibración en el sistema de medición de la velocidad de flujo y en el sistema de medición de gas traza hasta que las lecturas sean estables. Enseguida, cambiar rápidamente para introducir gas de calibración de nivel medio hasta obtener un valor



---

estable de calibración. Un valor estable equivale a un cambio inferior a 1% del valor de la escala durante 30 segundos. Registrar el tiempo de respuesta. Repetir el procedimiento 3 veces. Realizar la revisión del tiempo de respuesta para cada analizador antes de su uso inicial y después cada 6 meses.

6.9 Revisión para detectar desviaciones del sistema de medición.

Justo antes de iniciar cada una de las corridas de muestreos (dentro de 1 hora desde el inicio de la corrida de muestreo), introducir gases de calibración cero y de nivel medio, uno a la vez, para cada analizador mediante la válvula de calibración. Ajustar los analizadores para obtener una respuesta adecuada. Inmediatamente después de cada corrida de muestreo (dentro de 1 hora del término de la corrida), o si se requieren ajustes en los analizadores o sistemas de medición durante la corrida de muestreo, se deben introducir nuevamente gases de calibración cero y de nivel medio y registrar las respuestas, tal como se describe más arriba. No se deben hacer ajustes a los analizadores o sistemas de medición hasta después de haber hecho las revisiones para detectar desviaciones.

Si la diferencia entre las respuestas del analizador y los valores del gas de calibración conocidos sobrepasan los límites especificados (secciones 4.2 y 4.3), se considera inválida la corrida de muestreo y ésta se debe repetir una vez realizadas las correcciones del sistema de medición. Como alternativa, se puede volver a calibrar el sistema de medición y calcular nuevamente los datos de las mediciones. Informar acerca de los resultados de la corrida de muestreo, utilizando los datos de calibración inicial y final.

—

#### 6.10 Balanza para laboratorio.

Realizar una calibración multipuntos (al menos 5 puntos que cubran el rango operacional) de la balanza de laboratorio antes del primer muestreo de certificación, y después 2 veces al año. Antes de cada muestreo de certificación, se debe evaluar la balanza, pesando al menos un peso de calibración (clase F) que corresponde entre el 50% y el 150% del peso de un filtro. Si la balanza no puede reproducir el valor del peso de calibración con un medida menor al 0,1 mg, se debe realizar una calibración multipunto antes de su uso.

#### 7.0 Cálculos.

Efectuar los cálculos reteniendo al menos una cifra decimal extra fuera de lo requerido. Redondear las cifras después de realizar los cálculos finales. Se pueden emplear otras formas de ecuaciones, siempre y cuando entreguen resultados equivalentes.

#### 7.1 Nomenclatura.

- a = Factor de ajuste de la velocidad del flujo de la muestra.
- BR = Velocidad de quemado de la leña seca, kg/hr (lb/hr), del Método CH-28, sección 8.3.
- B<sub>ws</sub> = Vapor de agua en la corriente de gas, proporción por volumen.
- C<sub>s</sub> = Concentración del material particulado en el gas de chimenea, base seca, corregido a condiciones estándares, g/dsm<sup>3</sup> (g/dscf).

- 
- E = Velocidad de emisión del material particulado, g/hr.
- $\Delta H$  = Diferencial de presión promedio a lo largo del medidor de orificio (ver Fig. 5H-1), mm H<sub>2</sub>O (pulg. H<sub>2</sub>O).
- L<sub>a</sub> = Velocidad de filtración máxima aceptable ya sea para una revisión de fugas post-test ó una revisión de fugas después de un cambio de componente; igual a 0,00057 m<sup>3</sup>/min. (0,02 cfm) ó 4% de la velocidad de muestreo promedio, la que sea mayor.
- L<sub>1</sub> = Velocidad de filtración individual observada durante una revisión para detectar fugas después de un cambio de componente, m<sup>3</sup>/min (cfm).
- L<sub>p</sub> = Velocidad de filtración observada durante la revisión de fugas post-test, m<sup>3</sup>/min (cfm).
- m<sub>n</sub> = Cantidad total de material particulado recogido, mg.
- m<sub>a</sub> = Masa de residuo de solvente después de la evaporación, mg.
- N<sub>c</sub> = Atomos gramos de carbono/gramo de combustible seco (lb/lb), igual a 0,0425.
- N<sub>T</sub> = Total de moles de gas seco en el ducto/kg de leña seca quemada, g-moles/kg (lb-moles/lb).
- PR = Porcentaje de velocidad de muestreo proporcional.
- P<sub>bar</sub> = Presión barométrica en el sitio de muestreo, mm Hg (pulg. Hg).

- 
- $P_{std}$  = Presión absoluta estándar, 760 mm Hg (29,92 pulg. Hg).
- $Q_{sd}$  = Velocidad de flujo de gas total,  $dm^3/hr$  (dscf/hr).
- $Q_T$  = Flujo de gas traza, litros/min.
- $S_i$  = Concentración medida en el analizador de  $SO_2$  durante el intervalo "i" de 10 minutos, ppm.
- $S_1$  = Concentración medida en el analizador de  $SO_2$  durante el primer intervalo de 10 minutos, ppm.
- $T_1$  = Temperatura promedio absoluta de gas de chimenea durante el primer intervalo de 10 minutos, °K (°R).
- $T_i$  = Temperatura promedio absoluta de gas de chimenea durante el intervalo "i" de 10 minutos, °K (°R).
- $T_m$  = Temperatura promedio absoluta del medidor de gas seco (ver Fig. 5H-3), °K (°R).
- $T_{std}$  = Temperatura absoluta estándar, **298 °K(536,7 °R)**.
- $V_a$  = Volumen de blanco solvente, ml.
- $V_{aw}$  = Volumen de solvente usado en el lavado, ml.
- $V_{lc}$  = Volumen total de líquido recogido en los impingers y sílica gel (ver Fig. 5H-4), ml.
- $V_m$  = Volumen de muestra de gas, obtenido por el medidor de gas seco,  $dm^3$  (dcf).
- $V_{m(std)}$  = Volumen de muestra de gas obtenido por el medidor de gas seco, corregido a condiciones estándares,  $dm^3$  (dscf).

- 
- $V_{ml(std)}$  = Volumen de muestra de gas obtenido por el medidor de gas seco, durante el primer intervalo de 10 minutos, corregido a condiciones estándares,  $dm^3$  (dscf).
- $V_{mi(std)}$  = Volumen de muestra de gas obtenido por el medidor de gas seco durante el intervalo "i" de 10 minutos,  $dm^3$  (dscf).
- $V_{w(std)}$  = Volumen de vapor de agua en la muestra de gas, corregido a condiciones estándares,  $sm^3$  (scf).
- $W_a$  = Peso de residuo en lavado con solvente, mg.
- $Y$  = Factor de calibración de medidor de gas seco.
- $Y_{co}$  = Fracción molar medida de CO (seco), promedio de la sección 5.2.2.2, g/g-mol (lb/lb-mol).
- $Y_{co2}$  = Fracción molar medida de CO<sub>2</sub> (seco), promedio de la sección 5.2.2.2, g/g-mol (lb/lb-mol).
- $Y_{Hc}$  = Fracción molar supuesta de HC (seco), g/g-mol (lb/lb-mol);  
= 0,0088 para calefactores a leña catalíticos.  
= 0,0132 para calefactores a leña no catalíticos.  
= 0,0080 para calefactores con quemado de pellet de madera.
- 10 = Duración del primer período de muestreo, minutos.
- 13,6 = Gravedad específica del mercurio.
- 100 = Conversión a porcentaje.
- $\theta$  = Tiempo total de muestreo, min.

—

$\theta_1$  = Intervalo de tiempo de muestreo, desde el principio de una corrida hasta el primer cambio de componente, min.

7.2 Temperatura promedio del medidor de gas seco y baja promedio de presión en el orificio. Ver la hoja de datos (Fig. 5H-3).

7.3 Volumen de gas seco.

Corregir el volumen de la muestra obtenido por el medidor de gas seco, a condiciones estándares (25°C, 760 mm Hg ó 77°F, 29,92 pulg. Hg), utilizando la ecuación 5H-1.

Ecuación 5H-1

$$Vm(std) = V_m Y \frac{T_{std}}{T_m} \left( \frac{P_{bar} + \frac{\Delta H}{13,6}}{P_{std}} \right) = K_1 V_m Y \left( \frac{P_{bar} + \frac{\Delta H}{13,6}}{T_m} \right)$$

Donde :

$K_1 = 0,3921$  °K/m Hg en unidades métricas.  
=  $17,94$  °R/pulg. Hg en unidades inglesas.

NOTA: Se puede usar la ecuación 5H-1 tal como está escrita, a menos que la velocidad de filtración observada durante cualquiera de las revisiones obligatorias para detectar fugas (es decir, las revisiones post-test o las realizadas antes de un cambio de componente) sobrepase  $L_a$ .

Si  $L_p$  excede  $L_a$ , se debe modificar la ecuación 5H-1 de la siguiente manera:

- a) Caso I. No se hace ningún cambio de componente durante la corrida de muestreo. En este caso, se debe reemplazar  $V_m$  en la ecuación 5H-1 por la expresión:

$$[V_m - (L_p - L_a) \theta]$$

- b) Caso II. Se efectúa un cambio de componente durante la corrida de muestreo. En este caso, se debe reemplazar  $V_m$  en la ecuación 5H-1 por la expresión:

$$V_m - (L_1 - L_a) \theta_1$$

y sustituir solamente por las velocidades de filtración ( $L_1$  ó  $L_p$ ) que excedan a  $L_a$ .

#### 7.4 Volumen de vapor de agua.

Ecuación 5H-2

$$V_{w(std)} = K_2 V_{lc}$$

Donde:

$$K_2 = 0,001356 \text{ m}^3/\text{ml} \text{ en unidades métricas.}$$
$$= 0,047925 \text{ pies}^3/\text{ml} \text{ en unidades inglesas.}$$

#### 7.5 Contenido de humedad.

Ecuación 5H-3

$$B_{ws} = \left( \frac{V_{w(std)}}{V_{m(std)} + V_{w(std)}} \right)$$

—

7.6 Blanco de solvente lavado.

Ecuación 5H-4

$$W_a = \left( \frac{m_a V_{aw}}{V_a} \right)$$

7.7 Peso total de partículas.

Determinar la cantidad total de partículas sumando los pesos obtenidos de los recipientes 1, 2, 3 y 4 menos los blancos de solventes apropiados (ver la Fig. 5H-4).

NOTA: Remitirse al Método CH-5, sección 4.1.5 para apoyar el cálculo de los resultados que comprenden los 2 montajes de filtros.

7.8 Concentración de material particulado.

Ecuación 5H-6

$$c_s = (0,001 \text{ g/mg}) (m_n / V_{m(\text{std})})$$

7.9 Ajustes en la velocidad de flujo de la muestra

Ecuación 5H-6

$$a = \frac{S1}{Si}$$



- 7.10 Balance de carbono para moles totales de gas de escape (seco)/kg de leña quemada en el gas de escape.

Ecuación 5H-7

$$NT = \left( \frac{K_3 NC}{(Y_{CO_2} + Y_{CO} + Y_{HC})} \right)$$

Donde:

$K_3 = 1000$  g/kg en unidades métricas.  
= 1,0 lb/lb en unidades inglesas.

NOTA: La porción  $NO_x/SO_x$  de gas se considera despreciable.

- 7.11 Velocidad total de flujo de gas de chimenea.

Ecuación 5H-8

$$Q_{sd} = K_4 N_t BR$$

Donde:

$K_4 = 0,02406$  en unidades métricas,  $dm^3/g\text{-mol}$ .  
= 384,8 en unidades inglesas,  $dscf/lb\text{-mol}$ .

- 7.12 Velocidad de emisión de partículas.

Ecuación 5H-9

---

$$E = C_s Q_{sd}$$

7.13 Variación de la velocidad proporcional.

Calcular la velocidad proporcional (PR) para cada intervalo de 10 minutos, "i", de la corrida de muestreo.

Ecuación 5H-10

$$PR = \left( \frac{\sum_{i=1}^n [Si Vmi(std)]}{10 \sum_{i=1}^n [Si Vmi(std)]} \right) \times 100$$

7.14 Resultados aceptables.

Si no más del 15% de los valores PR para todos los intervalos sobrepasan el 90% < PR < 110%, y si ningún valor PR para cualquier intervalo sobrepasa 75% < PR < 125%, entonces se consideran aceptables los resultados. Si los valores PR para las corridas de muestreo se consideran inaceptables, se deben informar los resultados de la emisión de la corrida de muestreos, pero no se deben incluir los resultados de la corrida de muestreos al calcular la velocidad promedio de emisión cargada, y enseguida repetir el muestreo.

8.0 Bibliografía.

1. Same as for Method 5, citations 1 through 11, with the addition of the following:

- 
2. Oregon Department of Environmental Quality Standard Method for Measuring the emissions and efficiencies of Woodstoves, July 8, 1984. Pursuant to Oregon Administrative Rules Chapter 340, Division 21.
  3. American Society For Testing Materials. Proposed Test Methods for Heating Performance and Emissions of Residential Wood-fire Closed Combustion-Chamber Heating Appliances. E-6 Proposal P 180. August 1986.

9.0 Bibliografía utilizada para la proposición del método.

Method 5H "Determination of Particulate Emissions from Wood Heaters from a Stack Location". USEPA Code of Federal Regulations 40, pt. 60, app A. Revised, July 1990.

Libro de Metodologías  
Aprobadas

Código : Método CH-5H  
Revisión: 1  
Fecha : Junio 1995  
Página : 36 de 33

—

Libro de Metodologías  
Aprobadas

Código : Método CH-5H  
Revisión: 1  
Fecha : Junio 1995  
Página : 37 de 33

—

Libro de Metodologías  
Aprobadas

Código : Método CH-5H  
Revisión: 1  
Fecha : Junio 1995  
Página : 38 de 33

—

Libro de Metodologías  
Aprobadas

Código : Método CH-5H  
Revisión: 1  
Fecha : Junio 1995  
Página : 39 de 33

—

Libro de Metodologías  
Aprobadas

Código : Método CH-5H  
Revisión: 1  
Fecha : Junio 1995  
Página : 40 de 33

—