



**INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS
AMBIENTALES**
Subdirección de Estudios Ambientales

**MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES EN
FUENTES FIJAS**

**MÉTODO 4 - DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN GASES DE
CHIMENEA**

VERSIÓN No. 1.0

Fecha: Febrero de 2011

CORRESPONDENCIA: Este método es equivalente al Código Federal de Regulación (Code Federal of Regulations) CFR 40 parte 60 ANEXO A de los Estados Unidos de América.

Preparó: Mario F. Guerrero- IDEAM
Revisó: Carlos Rodríguez - MAVDT
Aprobó: Margarita Gutiérrez - IDEAM

CONTENIDO

1. ALCANCE Y APLICACIÓN	3
2. RESUMEN DEL MÉTODO	3
3. DEFINICIONES [RESERVADO]	3
4. INTERFERENCIAS	3
5. SEGURIDAD	4
6. EQUIPOS Y SUMINISTROS	4
7. REACTIVOS Y ESTÁNDARES [RESERVADO]	5
8. COLECCIÓN DE LA MUESTREA, PRESERVACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE.	5
9. CONTROL DE CALIDAD	7
10. CALIBRACIÓN Y NORMALIZACIÓN	7
11. PROCEDIMIENTO ANALÍTICO	7
12. CÁLCULOS Y ANÁLISIS DE DATOS	7
13. DESEMPEÑO DEL MÉTODO. [RESERVADO]	11
14. PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN [RESERVADO]	11
15. MANEJO DE RESIDUOS [RESERVADO]	11
16. PROCEDIMIENTOS ALTERNATIVOS	11
17. REFERENCIAS	11
18. TABLAS, DIAGRAMAS, CARTAS DE FLUJO, Y VALIDACIÓN DE DATOS.	12

Nota: Este método no incluye la totalidad de las especificaciones (por ejemplo, equipo y suministros) y procedimientos (por ejemplo, muestreo) esenciales para su desempeño. Algunos materiales son incorporados por referencia de otros métodos en este documento. Por lo tanto, para obtener resultados confiables, las personas que utilizan este método deben tener un amplio conocimiento de al menos los siguientes métodos de ensayo adicionales: método 1, método 5 y método 6.

1. ALCANCE Y APLICACIÓN

1.1 Analitos

<i>Analitos</i>	<i>Cas No.</i>	<i>sensibilidad</i>
Vapor de Agua (H ₂ O)	7732-18	N/A

1.2 Aplicabilidad. Este método es aplicable para la determinación del contenido de humedad del gas en chimenea.

1.3. Objetivos de la calidad de los datos. El cumplimiento de los requisitos de este método mejora la calidad de los datos obtenidos de los métodos de muestreo de contaminantes atmosféricos.

2. RESUMEN DEL MÉTODO

2.1 Una muestra de gas es extraída a una tasa constante desde la fuente; la humedad se removida de la corriente de la muestra y se determina gravimétrica ó volumétricamente.

2.2 El método contiene dos posibles procedimientos: un método de referencia y uno de aproximación.

2.2.1 El método de referencia es usado para determinar con exactitud el contenido de humedad. (tales como las necesarias para calcular los datos de emisión). El método de aproximación, provee estimativos de porcentaje de humedad para ayudar a establecer las tasas de muestreos isocinéticas antes de una corrida de medición de emisiones contaminantes. El método de aproximación descrito aquí es sólo un enfoque sugerido; los medios alternativos para la aproximación del contenido de la humedad, (por ejemplo tubos desecados, técnicas bulbo húmedo bulbo seco, técnicas de condensación, cálculos estequiométricos, experiencia previas, etc.) son igualmente aceptables.

2.2.2 El método de referencia a menudo se realiza simultáneamente con un recorrido de medición de emisiones contaminantes. Cuando lo es, el cálculo del porcentaje isocinético, la tasa de emisión de contaminantes, etc., se basará en los resultados del método de referencia o su equivalente. Estos cálculos no se basan en los resultados del método de aproximación, a menos que el método de aproximación demuestre, a satisfacción de la autoridad ambiental, ser capaz de obtener resultados dentro del uno (1%) de humedad del método de referencia.

3. DEFINICIONES [RESERVADO]

4. INTERFERENCIAS

4.1 El contenido de humedad de una corriente de gas saturado o corrientes que contengan gotas de agua medida por medio del método de referencia, puede presentar desviaciones positivas. Por consiguiente, cuando existan ó se sospeche que existen estas condiciones, una segunda determinación deberá hacerse simultáneamente con el método de referencia, como sigue: Se asume que la corriente de gas está saturada. Conecte el sensor de temperatura (capaz de medir a $\pm 1^{\circ}\text{C}$ (2°F)) a la sonda. Mida la temperatura del gas en la chimenea en cada uno de los puntos transversales (ver sección 8.1.1.1), esto durante el método de referencia, y calcule el promedio de la temperatura del gas en la chimenea. Posteriormente, determine el porcentaje de humedad, ya sea: (1) Usando una carta psicrométrica y realizando las correcciones apropiadas si la presión en la chimenea es diferente a la de la carta ó (2) usando tablas de presión de saturación del vapor calibrados anualmente. En los casos en donde la carta psicrométrica ó las tablas de presión de saturación del vapor no sean aplicables (basados en la evaluación del proceso) se podrá utilizar métodos alternativos, lo cual estará sujeto a la aprobación de la Autoridad Ambiental.

5. SEGURIDAD

5.1 **Cláusula de exención de responsabilidad.** Este método puede involucrar materiales peligrosos, operaciones y equipos. Este método de ensayo no aborda todos los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario establecer apropiadas prácticas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de realizar este método de ensayo.

6. EQUIPOS Y SUMINISTROS

6.1 Método de Referencia. Un esquema del tren de muestreo usado en este método de referencia es mostrado en la figura 4-1.

“Todos los componentes serán mantenidos y de acuerdo al procedimiento delineado en el método 5.”

6.1.1 Sonda. Construida en acero inoxidable o tubo de vidrio, calentado suficientemente para prevenir la condensación del agua, y equipado con un filtro, ya sea dentro de la chimenea (i.e. un tapón de lana de vidrio insertado en la punta de la probeta) o calentado fuera de la chimenea (i.e. como el descrito en el Método 5) para eliminar partículas. Cuando las condiciones de chimenea lo permiten, otros tubos de metal o plástico pueden ser usados para la sonda, sujeto a la aprobación de la autoridad ambiental.

6.1.2 Condensador. Igual que el Método 5, Sección 6.1.1.8

6.1.3 Sistemas de enfriamiento. Un contenedor de baño de hielo, hielo picado y agua (o equivalente), para ayudar en la condensación de la humedad.

6.1.4 Sistema de Medición. Igual que el Método 5, Sección 6.1.1.9, excepto que no usan sistemas de muestreo diseñados para un flujo superior a $0.0283 \text{ m}^3/\text{min}$ (1,0 pies cúbicos por minuto). Otros sistemas de medición capaces de mantener una tasa de muestreo dentro del diez por ciento (10%) y determinar el volumen de gas de muestrea dentro del dos por ciento (2%), pueden ser usados sujetos a aprobación de la Autoridad Ambiental

6.1.5 Barómetro y probeta graduada y/o balanza. Igual que el Método 5, Secciones 6.1.2 y 6.2.8, respectivamente.

6.2 Método de aproximación. Un esquema del tren de muestreo usado en este método es mostrado en la figura 4-2.

6.2.1 Probeta. Igual que en la 6.1.1.

6.2.2 Condensador. Dos burbujeadores medianos, cada uno con 30 ml de capacidad, o equivalente

- 6.2.3 Sistemas de enfriamiento. Un contenedor de baño de hielo, hielo picado y agua (o equivalente), para ayudar en la condensación de la humedad en los burbujeadores.
- 6.2.4 Tubo desecador. Tubo lleno de silica gel nueva o regenerada tipo indicador de malla 6 a16 (o equivalente) para secar el gas de muestreo y proteger el medidor y la bomba.
- 6.2.5 Válvula. Válvula de aguja, para regular el caudal de gas de la muestra.
- 6.2.6 Bomba. Libre de fugas, de tipo diafragma, o el equivalente, para extraer la muestra de gas a través del tren.
- 6.2.7 Medidor de volumen. Medidor de gas seco, con exactitud para medir un volumen de muestra dentro de 2%, y calibrado en el rango de flujos y las condiciones actuales encontradas durante el muestreo.
- 6.2.8 Medidor de Caudal. Rotámetro, o su equivalente que tenga un rango de medición entre 0 a 3 litros/min (0 a 0,11 cfm).
- 6.2.9 Probeta graduada de 25 ml.
- 6.2.10 Barómetro. Igual que el método 5, sección 6.1.2.
- 6.2.11 Indicador de vacío. Como mínimo de 760 mm (30 pulg) Hg para ser usado en la verificación de fugas.

7. REACTIVOS Y ESTÁNDARES [RESERVADO]

8. COLECCIÓN DE LA MUESTREA, PRESERVACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE.

8.1 **Método de referencia.** El siguiente procedimiento es para un sistema condensador (como el sistema de burbujeadores descrito en la sección 6.1.1.8 del Método 5) incorporando el análisis volumétrico para medir la humedad condensada, y análisis gravimétrico de la silica gel para medir la humedad que pasa por el condensador.

8.1.1 Determinaciones preliminares:

8.1.1.1 A menos que se especifique lo contrario por la autoridad ambiental, un mínimo de ocho puntos transversales debe usarse para chimeneas circulares con diámetro menor a 0.61 m (24 pulg), un mínimo de nueve puntos debe usarse para chimeneas rectangulares con diámetros equivalentes menores a 0.61 m (24 pulg) y un mínimo de doce puntos transversales debe usarse en todos los demás casos. Los puntos transversales deben localizarse de acuerdo al Método 1. El uso de un menor número de puntos está sujeto a la aprobación de la autoridad ambiental. Se selecciona una probeta y una longitud de sonda adecuada de manera que todos los puntos transversales puedan ser muestreados. Para chimeneas grandes se debe considerar hacer un muestreo desde los lados opuestos de la chimenea (en total cuatro puertos de muestreo), para permitir el uso de longitudes de sondas más cortas. Se marca la sonda con cinta resistente al calor o con cualquier otro método para señalar la distancia apropiada dentro de la chimenea o ducto para cada punto de muestreo.

8.1.1.2 Se selecciona un tiempo total de muestreo de manera tal que sea posible recolectar volumen total de gas mínimo de 0.60 scm – (*metros cúbicos estándar*) (21 scf *pies cúbicos estándar*) a una tasa no superior a 0.021 m³/min (0.75 cfm). Cuando se desee determinar el contenido de humedad y la tasa de emisión de contaminantes, la determinación de la humedad debe ser simultánea y durante el mismo periodo de tiempo total, y a la tasa de emisión de contaminantes, a menos que se haya especificado de otro modo en una sección aplicable de los estándares.

8.1.2 Preparación del tren de muestreo:

8.1.2.1 Se deben colocar volúmenes conocidos de agua en los dos primeros burbujeadores; alternativamente, se puede transferir el agua a los dos primeros burbujeadores y registrar el peso de

cada burbujeador (con el agua) con una aproximación de 0,5 gramos. Se debe pesar y registrar el peso de la silica gel con una aproximación de 0,5 gramos y transferirla al cuarto burbujeador; alternativamente, se puede transferir primero la silica gel al burbujeador y después pesar y registrar la silica gel con el burbujeador.

8.1.2.2 Se coloca el tren de muestreo como se presenta en la Figura 4-1. Para prevenir la condensación de agua en la parte delantera del condensador, encienda el calentador de la probeta y (si es aplicable) el sistema de calentamiento del filtro a temperaturas de aproximadamente 120°C (240°F). Dé tiempo para que la temperatura se estabilice. Se debe colocar hielo picado en el contenedor del baño de hielo.

8.1.3 Procedimientos de chequeo de fugas. Se recomienda, pero no es requerido, que el sistema de medición de volumen y el tren de muestreo se pruebe por fugas como sigue:

8.1.3.1 Sistema de medición. Igual que el Método 5, Sección 8.4.1.

8.1.3.2 Tren de muestreo. Desconecte la sonda del primer burbujeador o (si aplica) del porta-filtro. Tape la entrada del primer burbujeador (o del porta-filtro) y generar un vacío de 380 mm Hg (15 pulg). Un vacío menor puede ser usado, siempre que no se exceda el vacío durante la prueba. Una fuga superior al 4% de la tasa de muestreo o 0,00057 m³/min (0,020 cfm), el que sea menor, es inaceptable. Para continuar con el chequeo de fuga, reconectar la sonda al tren de muestreo.

8.1.4 Operación del tren de muestreo. Durante el muestreo, se debe mantener la tasa de muestreo dentro del 10% del flujo constante, o como lo especifique la autoridad ambiental. Para cada corrida, se debe recolectar la información requerida en una hoja de datos similar a la que se muestra en la Figura 4-3 (la establecida por el protocolo de medición e fuentes fijas). Es necesario asegurarse de registrar la lectura del medidor de gas seco al inicio y al final de cada incremento de tiempo de muestreo y cuando el muestreo esté detenido. Se deben tomar las lecturas apropiadas en cada punto de muestreo al menos una vez durante cada incremento de tiempo.

Nota: Cuando el Método 4 es usado conjuntamente con un método isocinético (por ejemplo el Método 5) la tasa de muestreo debe mantenerse en las condiciones isocinéticas, en lugar del 10% de la tasa constante.

8.1.4.1 Para iniciar el muestreo, se debe ubicar la punta de la sonda en el primer punto transversal. Inmediatamente, se debe encender la bomba y ajustar el flujo a la tasa deseada. Se debe recorrer toda la sección transversal, muestreando en cada punto transversal a la misma cantidad de tiempo, esto es obligatorio por cada puerto de muestreo. Se debe agregar más hielo, y si es necesario, sal para mantener una temperatura menor a 20 °C (68 °F) en la salida de la silica gel.

8.1.4.2 Después de recolectar la muestra, se debe desconectar la sonda del primer burbujeador (o del porta-filtro) y realizar una prueba de fugas (**obligatoria**) del tren de muestreo como se describió en la sección 8.1.3.2. Se debe registrar la tasa de fuga. Si la tasa de fuga excede el flujo permisible, se deben rechazar los resultados de la prueba o corregir el volumen de la muestra como en sección 12.3 del Método 5.

8.2 Método de Aproximación

Nota: El método de aproximación descrito a continuación se presenta sólo como un método sugerido (ver sección 2.0).

8.2.1 Colocar exactamente 5 ml de agua en cada burbujeador. Se debe realizar una prueba de fugas al tren de muestreo de la siguiente manera: Temporalmente se debe insertar un medidor de vacío (*vacuo manómetro*) en o cerca de la entrada de la sonda. Posteriormente, se debe sellar la entrada de la sonda y generar un vacío de al menos 250 mm (10 pulg) de mercurio. Se debe tener en cuenta el tiempo de la tasa de cambio del dial del medidor de gas seco; alternativamente, un rotámetro (0 a 40

ml/min) puede ser conectado a la salida del medidor de gas seco para determinar la tasa de fuga. Una tasa de fuga inferior a 2% de la tasa de muestreo promedio es aceptable.

Nota: Se debe retirar el tapón de la entrada de la sonda lentamente antes de apagar la bomba.

8.2.2 Se debe conectar la sonda, insertarla dentro de la chimenea y muestrear a una tasa constante de 2 litros/min (0,071cfm). Se debe continuar muestreando hasta que el medidor de gas seco registre cerca de 30 litros (1,1 ft³ pies cúbicos) o hasta que gotas visibles de líquido se lleven del primer burbujeador al segundo. Se debe registrar la temperatura, la presión y las lecturas del medidor de gas seco como se indica en la Figura 4.4.

9. CONTROL DE CALIDAD

9.1 Varias Medidas de Control de Calidad.

<i>Sección</i>	<i>Mediciones de control de calidad</i>	<i>Efecto</i>
Sección 8.1.1.4	La tasa de fuga del sistema de muestreo no puede exceder el 4% de la tasa promedio de muestreo o 0,00057 m ³ /min (0,020 cfm)	Asegura la exactitud del volumen de gas en la muestra. (Método de Referencia)
Sección 8.2.1	La tasa de fuga del sistema de muestreo no puede exceder el 2% de la tasa promedio de muestreo.	Asegura la exactitud del volumen de gas en la muestra. (Método de Aproximación)

9.2 Chequeos del sistema de medición de volumen. Igual que el Método 5, Sección 9.2.

10. CALIBRACIÓN Y NORMALIZACIÓN

NOTA: Mantener un formato de todas las calibraciones.

10.1 Método de Referencia: Calibre el sistema de medición, sensores de temperatura y barómetro de acuerdo con el Método 5, secciones 10.3 10.5 y 10.6, respectivamente. (anualmente)

10.2 Método de Aproximación: Calibre el sistema de medición y barómetro de acuerdo con el Método 6, sección 10.1 y Método 5, sección 10.6, respectivamente.

11. PROCEDIMIENTO ANALÍTICO

11.1 Método de Referencia: Medir la humedad condensada de los burbujeadores al **ml** más cercano. Alternativamente, si los burbujeadores fueron pesados antes del muestreo, pese los burbujeadores después del muestreo y registre la diferencia de peso con una aproximación de 0,5 g. Determinar el aumento en peso de la sílica gel (o de la sílica gel más burbujeador) con una precisión de 0,5 g. Registre esta información (ver ejemplo de hoja de datos, Figura 4-3) y se calcula el porcentaje de humedad, como se describe en la sección 12.0.

11.2 Método de Aproximación: Combinar el contenido de los burbujeadores y medir el volumen con una aproximación de 0,5 ml.

12. CÁLCULOS Y ANÁLISIS DE DATOS

Llevar a cabo los siguientes cálculos, mantener al menos una cifra significativa adicional más allá de los datos adquiridos. Redondear las cifras después del cálculo final.

12.1 Método de Referencia.

12.1.1 Nomenclatura:

B_{ws} : Vapor de agua en la corriente de gas, proporción por volumen

M_w : Peso molecular del agua, 18,0 g/g-mol (18,0 lb/ lb-mol).

P_m : Presión absoluta (Para este método es la misma presión barométrica) en el medidor de gas seco, mm Hg (pulg Hg).

P_{std} : Presión absoluta estándar, 760 mm Hg. (29,92 pulg Hg).

R : Constante del gas ideal, 0.06236 (mm Hg) (m³) / (g-mol) (°K) para unidades métricas y 21,85 (pulg Hg) (ft³) / (lb-mol) (°R) para unidades inglesas.

T_m : Temperatura absoluta en el medidor °K (°R).

T_{std} : Temperatura absoluta estándar. 293 °K (528°R).

V_f : Volumen final de agua condensada. (ml)

V_i : Volumen inicial de agua condensada (ml).

V_m : Volumen de gas seco medido por el medidor de gas seco, dcm (dcf).

$V_{m (std)}$: Volumen de gas seco medido por el medidor de gas seco, corregido a condiciones estándar, dscm (dscf).

$V_{wc (std)}$: Volumen del vapor de agua condensado, corregido a condiciones estándar. scm (scf)

$V_{wsg (std)}$: Volumen de vapor de agua colectado en la silica gel, corregido a condiciones estándar, scm (scf).

W_f : Peso final de la silica gel o silica gel más burbujeador. (gr)

W_i : Peso inicial de la silica gel o silica gel más burbujeador (gr)

Y : Factor de calibración del medidor de gas seco.

ΔV_m : Incremento del volumen de gas seco medido, por el medidor de gas seco en cada punto transversal. dcm (dcf)

ρ_w : Densidad del agua, 0.9982 g/ml (0.002201 lb/ml).

12.1.2 Volumen de vapor de agua condensado.

$$V_{wc(std)} = \frac{(V_f - V_i) \rho_w R T_{std}}{P_{std} M_w} \quad \text{Ecuación 4-1.}$$
$$= K_1 (V_f - V_i)$$

Donde:

$K_1 = 0.001333 \text{ m}^3/\text{ml}$ para unidades métricas.

$= 0.04706 \text{ ft}^3/\text{ml}$ para unidades inglesas.

12.1.3 Volumen de agua colectado en la silica gel.

$$V_{\text{wsg(std)}} = \frac{(W_f - W_i) R T_{\text{std}}}{P_{\text{std}} M_w K_2}$$

$$= K_3 (W_f - W_i)$$

Ecuación 4-2.

Donde:

$K_2 = 1.0 \text{ g/g}$ para unidades métricas.

$= 453.6 \text{ g/lb}$ para unidades inglesas

$K_3 = 0.001335 \text{ m}^3/\text{g}$ para unidades métricas.

$= 0.04715 \text{ ft}^3/\text{g}$ para unidades inglesas

12.1.4 Volumen del gas muestreado.

$$V_{\text{m(std)}} = \frac{V_m Y P_m T_{\text{std}}}{P_{\text{std}} T_m}$$

$$= K_4 Y \frac{V_m P_m}{T_m}$$

Ecuación 3.

Donde:

$K_4 = 0.3855 \text{ }^\circ\text{K/mm Hg}$ para unidades métricas

$= 17.64 \text{ }^\circ\text{R/pulg Hg}$ para unidades inglesas

NOTA: Si la tasa de fugas de la post-prueba (Sección 8.1.4.2) supera la tasa permitida, corregir el valor de V_m en la ecuación 4-3, como se describe en la Sección 12.3 del Método 5.

12.1.5 **Contenido de humedad.**

$$B_{\text{ws}} = \frac{V_{\text{wc(std)}} + V_{\text{wsg(std)}}}{V_{\text{wc(std)}} + V_{\text{wsg(std)}} + V_{\text{m(std)}}}$$

Ecuación 4.

12.1.6 Verificación de la constante de la tasa de muestreo. Para cada incremento de tiempo, se debe determinar el valor ΔV_m . Calcular el promedio. Si el valor de alguno de los incrementos de tiempo, difiere con respecto al promedio en más del 10%, se deben rechazar los resultados y repetir el recorrido.

12.1.7 En las corrientes de gas saturadas o que presentan gotas de humedad, se debe hacer dos cálculos del contenido de humedad del gas en chimenea, uno usando un valor basado en las condiciones de saturación (ver Sección 4.1), y otro basado en los resultados del análisis de los burbujeadores. El más bajo de estos dos valores de B_{ws} , debería ser considerado como el correcto.

12.2 Método de aproximación: El método de aproximación presentado ha sido diseñado para estimar la humedad del gas en la chimenea, por lo tanto, no se han recolectado otros datos para establecer promedios exactos de humedad. Las siguientes ecuaciones estiman adecuadamente el contenido de humedad con el fin de determinar la configuración de la tasa de muestreo isocinético.

12.2.1 Nomenclatura:

B_{wm} : Proporción aproximada, de vapor de agua por volumen en la corriente de gas que sale del segundo burbujeador, 0.025.

B_{ws} : Vapor de agua en el gas, proporción en volumen.

M_w : Peso Molecular del agua 18.0 g/g-mol (18.0 lb/lb-mol)

P_m : Presión absoluta (Para este método, igual que la presión barométrica) en el medidor de gas seco, mm Hg (pulg Hg).

P_{std} : Presión Absoluta Estándar: 760 mm Hg (29.92 pulg Hg).

R : Constante del gas ideal. 0.06236 ((mm Hg)(m³)) / ((g-mol) (°K). para unidades métricas y 21.85 ((in Hg) (ft³) / ((lb-mol) (°R) para unidades inglesas.

T_m : Temperatura Absoluta en el medido °K. (°R).

T_{std} : Temperatura absoluta estándar. 293 °K. (528 °R).

V_f : Volumen final contenido en el burbujeador (ml).

V_i : Volumen inicial contenido en el burbujeador (ml)

V_m : Volumen de gas seco medido en el medidor de gas seco, dcm (dcf)

$V_{m (std)}$: Volumen de gas seco medido por el medidor de gas seco, corregido a condiciones estándar, dscm (dscf)

$V_{wc (std)}$: Volumen del vapor de agua condensado, corregido a condiciones estándar, scm (scf).

Y : Factor de calibración del medidor de gas seco.

ρ_w : Densidad del agua: 0.09982 g/ml (0.002201 lb/ml).

12.2.2 Volumen de vapor de agua colectado:

$$V_{wc(std)} = \frac{(V_f - V_i) \rho_w R T_{std}}{P_{std} M_w} \quad \text{Ecuación 4-5.}$$

$$= K_5 (V_f - V_i)$$

Donde:

$K_5 = 0.001333 \text{ m}^3/\text{ml}$ para unidades métricas.

$= 0.04706 \text{ ft}^3/\text{ml}$ para unidades inglesas.

12.2.3 Volumen de gas muestreado

$$V_{m(\text{std})} = \frac{V_m Y P_m T_{\text{std}}}{P_{\text{std}} T_m} \quad \text{Ecuación 6.}$$

$$= K_6 Y \frac{W_m P_m}{T_m}$$

Donde:

$K_6 = 0.3855 \text{ }^\circ\text{K/mm Hg}$ para unidades métricas.

$= 17,64 \text{ }^\circ\text{R/in Hg}$ para unidades inglesas.

12.2.4 Contenido de humedad aproximado.

$$B_{ws} = \frac{V_{wc(\text{std})}}{V_{wc(\text{std})} + V_{m(\text{std})}} + B_{wm} \quad \text{Ecuación 7.}$$

$$= \frac{V_{wc(\text{std})}}{V_{wc(\text{std})} + V_{m(\text{std})}} + 0,025$$

13. **DESEMPEÑO DEL MÉTODO. [RESERVADO]**
14. **PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN [RESERVADO]**
15. **MANEJO DE RESIDUOS [RESERVADO]**
16. **PROCEDIMIENTOS ALTERNATIVOS**

El procedimiento descrito en el método 5 para determinar el contenido de humedad es aceptable como un método de referencia.

17. **REFERENCIAS**

1. Air Pollution Engineering Manual (Second Edition). Danielson, J.a. (ed.). U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards. Research Triangle Park, NC. Publication No. AP-40. 1973.
2. Devorkin, Howard. et al. Air Pollution Source Testing Manual. Air Pollution Control District, Los Angeles, CA. November, 1963.
3. Methods for Determination of Velocity, Volume, Dust and Mist Content of Gases. Western Precipitation Division of Joy Manufacturing Co., Los Angeles, CA. Bulletin WP-50. 1968.

18. TABLAS, DIAGRAMAS, CARTAS DE FLUJO, Y VALIDACIÓN DE DATOS.

Figura 4.1. Montaje del tren de muestreo para la determinación de humedad. Método de referencia.

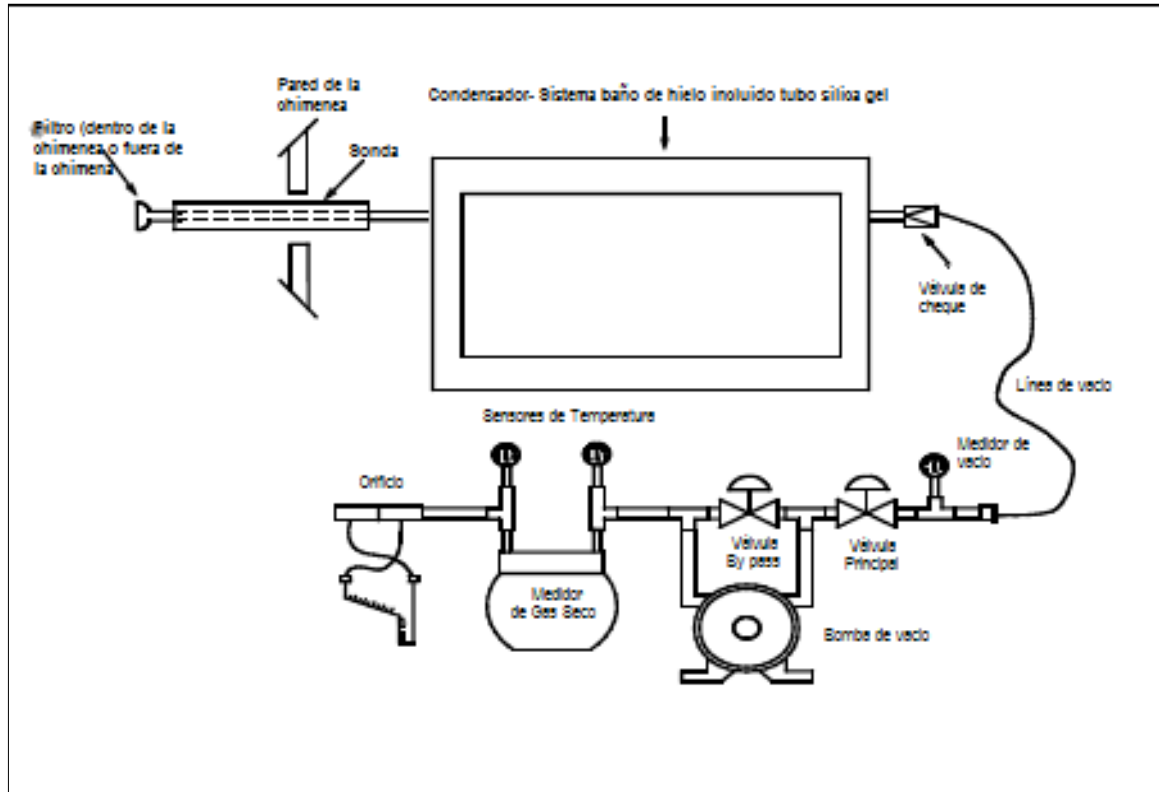


Figura 4.2. Montaje del tren de muestreo para la determinación de humedad. Método de aproximación.

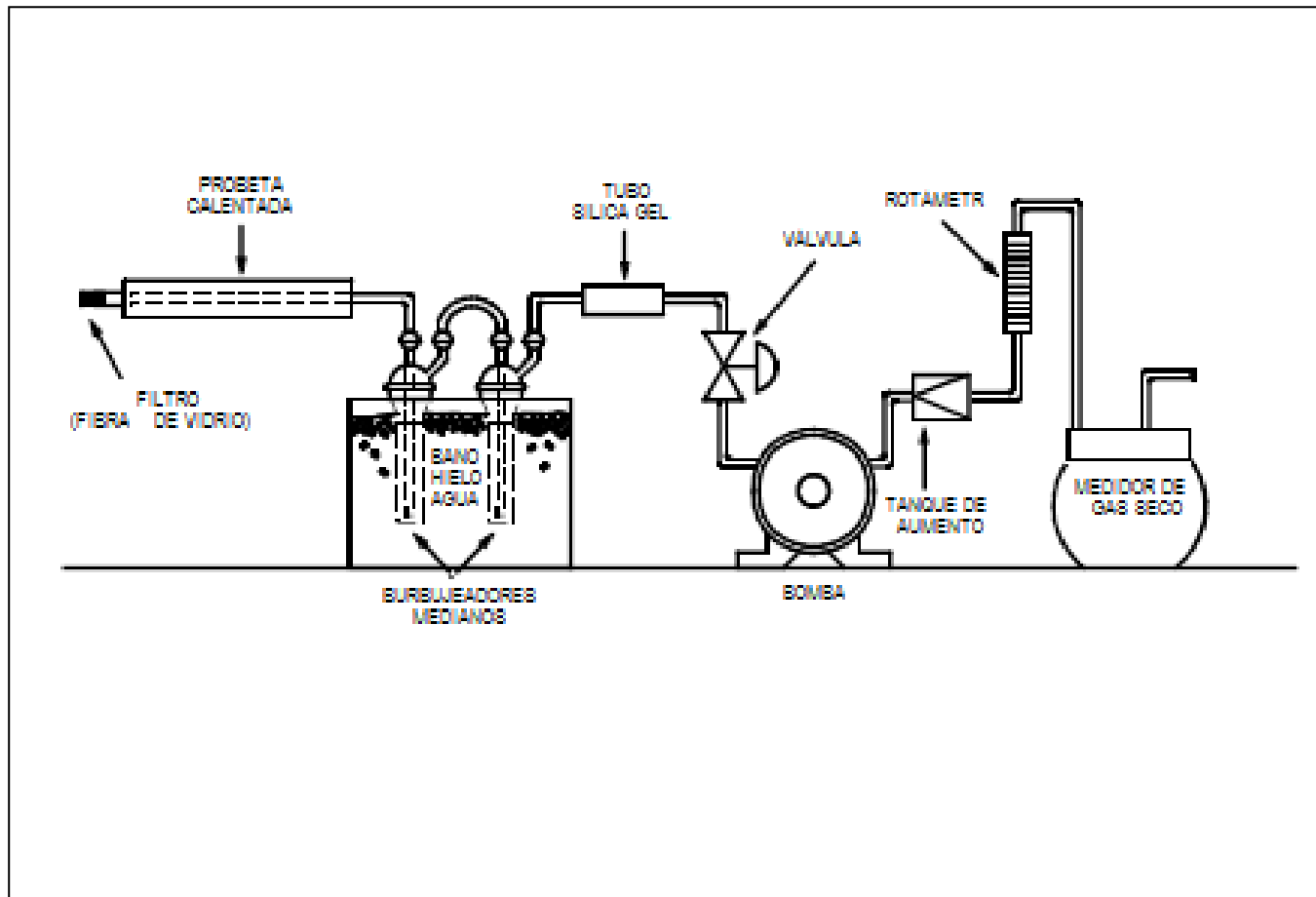


Figura 4.3- Método de Referencia para la determinación de humedad.

Ubicación _____ Comentarios: Prueba _____ Fecha _____ Operador _____ Presión barométrica _____			
hora	Volumen del gas a través del medidor Vm, m ³	Caudal m ³ /min	Temperatura del medidor °C

Figura 4.4. Hoja de datos de campo del método de aproximación para la determinación de la humedad.

Planta _____ Ubicación _____ Operador _____ Fecha _____ Toma No _____ Temperatura ambiente _____ Presión barométrica _____ Longitud de la sonda m (pies) _____								
ESQUEMA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA CHIMENEA								
Punto No. Transversal	Tiempo de Muestreo θ	Temperatura de chimenea. °C (°F)	Presión diferencial a través del medidor del orificio. ΔH mm (pulg.) H ₂ O	Lectura del medidor de volumen de la muestra de gas m ³ (pie ³)	ΔV_m m ³ (pies ³)	Temperatura de la muestra de gas en el medidor de gas seco.		Temperatura del gas a la salida del condensador o último burbujeador. °C (°F)
						Entrada (T _m), °C (°F)	Salida (T _m), °C (°F)	
Promedio								

Figura 4-5. Datos analíticos - Método de referencia

	Volumen Burbujeador, ml	Peso silica gel, gr
Final		
Inicial		
Diferencia		