

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE
HUMEDAD EN LOS GASES DE

Tomado del método No. 4 de la United States Environmental Protection Agency EPA.

RESUMEN

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

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

El método de referencia es usado para determinar con exactitud el contenido de humedad (impactadores).

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.

1. Características

- El contenido de la humedad de los gases es una variable que incide directamente en el cálculo del peso molecular seco y sobre los demás cálculos de la medición.
- Una de las opciones es asumir el contenido de humedad con base en criterios claros o cuando la medición se realiza por duplicado o triplicado.
- Otra opción es calcular el contenido de humedad de los gases con base en el concepto de vapor saturado.
- Este procedimiento aplica para emisiones con temperatura de gases inferiores a 100° C, en donde la temperatura de bulbo húmedo se puede determinar sin ningún problema y con ella la presión de vapor saturado correspondiente, necesaria para calcular el contenido de la humedad.

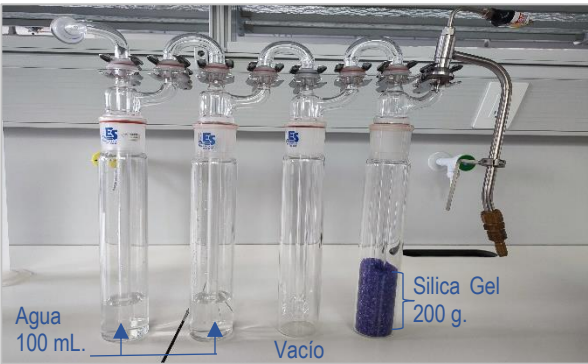
2. Interferencias

En la aplicación del método de referencia se pueden presentar interferencias cuando se realiza sobre corrientes de gas saturado o corrientes que contienen gotas de agua. Por lo tanto, cuando existan o se sospechen estas condiciones, se deberá realizar una segunda determinación del contenido de humedad simultáneamente con el método de referencia, usando una [carta psicrométrica](#) y/o [tablas de presión de vapor de saturación](#) en relación a la medición de temperatura en cada punto transversal.

3. Equipo y Suministros

- Sonda en acero inoxidable o vidrio.
- Boquilla ¼ pulg.
- Condensador; 4 impactadores vidrio conectados en serie, 3 de tipo greenburg-smith y 1 tipo estándar.
- Sistema de enfriamiento o caja fría.
- Caja caliente y filtro de partículas.
- Consola de control, incluye; Rotámetro, manómetro inclinado, medidor de gas seco, medidores de temperaturas y sistema de vacío (Bomba).
- Balanza con precisión 0,5 g.
- Probeta.
- Agua.
- Silica gel.

Figura 1. Esquema impactadores para método No. 4.



4. Método Referencia

Este método consiste en preparar el tren para muestreo igual al método 5, utilizando una boquilla de ¼ de pulgada y succionando en todos los puntos transversales un caudal igual y constante, correspondiente a un ΔH cercano al ΔH@ definido a criterio del responsable de la medición.

La aplicación del método 4 preliminar, que se puede realizar simultáneamente durante el desarrollo del método 2 favorece y agiliza el cálculo de la humedad.

4.1. Determinaciones Preliminares

- Establecer número de puntos transversales como se describe en el Método 1 US-EPA.
- Seleccione un tiempo total de muestreo tal que se recoja un volumen total mínimo de gas de 0,60 scm (21 scf), a una velocidad no superior a 0,021 m3/min (0,75 cfm).

4.2. Preparación del tren de muestreo

- Coloque un volumen conocido de agua en los dos primeros impactadores, seguido registre el peso de cada impactador.
- Colocar silica ges en el cuarto impactador y registrar el peso.
- Configure el tren de muestreo como se indica en la figura 1.
- En la caja fría coloque hielo picado.
- Encienda el calentador de la sonda y (si corresponde) el sistema de calentamiento del filtro a temperaturas de aproximadamente 120 °C (248 °F), para evitar la condensación de agua delante del condensador. Deje tiempo para que las temperaturas se estabilicen.
- Realice prueba de fugas: Desconecte la sonda del primer impactador o del portafiltro. Conecte la entrada al primer impactador (o portafiltro) y genere un vacío de 380 mm (15 pulg.) Hg. Se podrá utilizar un vacío inferior, siempre que no se supere durante la prueba. Una tasa de fuga superior al 4% de la tasa de muestreo promedio o 0,00057 m3/min (0,020 cfm), lo que sea menor, es inaceptable.

4.3. Operación del Tren de Muestreo

- Durante la ejecución de muestreo, mantenga una tasa de muestreo dentro del 10 por ciento de la tasa constante. Si se realiza simultáneamente con un método isocinético; la tasa de muestreo debe mantenerse en condiciones isocinéticas.
- Para cada corrida, registre los datos junto con la información reportada por medidor de gas seco al inicio y final o cuando se presente un incremento o se detenga el muestreo.
- Para comenzar a tomar muestras, coloque la punta de la sonda en el primer punto transversal. Encienda inmediatamente la bomba y ajuste el flujo al caudal deseado. Atraviese la sección transversal, tomando muestras en cada punto transversal durante un período de tiempo igual. Agregue más hielo y, si es necesario, sal para mantener una temperatura inferior a 20 °C (68 °F) en la salida de la silica gel.
- Después de recolectar la muestra, desconecte la sonda del primer impactador (o del portafiltro) y realice una verificación de fugas (obligatoria) del tren de muestreo como se describe en la sección 8.1.3.2. Registre la tasa de fuga. Si la tasa de fuga excede la tasa permitida, rechace los resultados de la prueba o corrija

4.4. Procedimiento Analítico

Método de referencia. Mida el volumen de humedad condensada en cada uno de los impactadores al mL más cercano. Alternativamente, si los impactadores se pesaron antes del muestreo, pese el impactadores después del muestreo y registre la diferencia de peso con una precisión de 0,5 g. Determine el aumento de peso del gel de sílice (o gel de sílice más impinger) con una precisión de 0,5 g. Registre esta información y calcule el contenido de humedad.

5. Análisis de Datos y Cálculos

El contenido de humedad se determina aplicando la siguiente ecuación:

$$B_{ws} = \frac{V_{wc} + V_{wsg}}{V_{wc} + V_{wsg} + V_m}$$

Ecuación 4.1

Donde:

V_{wc}: Volumen del vapor de agua condensado (scm).

V_{wsg}: Volumen de agua colectado en la silica gel (scm).

V_m: Volumen del gas seco medido por el medidor de gas seco (dscm).

- El volumen de vapor de agua condensado en condiciones estándar (scm)

$$V_{wsg} = \frac{(V_f - V_i) * \rho_w * R * T_{std}}{P_{std} * M_w}$$

Ecuación 4.2

$$V_{wsg} = K_1 * (V_f - V_i)$$

Ecuación 4.3

V_f: Volumen final de agua condensada (mL).

V_i: Volumen inicial de agua condensada (mL).

ρ_w: Densidad del agua, 0.9982 g/mL

R: Constante del gas ideal, 0.06236 mmHg (m³)/g-mol (°K).

T_{std}: Temperatura absoluta estándar 293 °K

P_{std}: Presión absoluta estándar, 760 mm Hg.

M_w: Peso molecular del agua, 18.0 g/g-mol.

K₁: 0.00133 m³/mL

- Volumen de vapor de agua colectado en la silica gel en condiciones estándar.

$$V_{wsg} = \frac{(w_f - w_i) * R * T_{std}}{P_{std} * M_w * K_2}$$

Ecuación 4.4

$$V_{wc} = K_3 * (w_f - w_i)$$

Ecuación 4.5

W_f: Peso final de la silica gel más impactador (g).

W_i: Peso inicial de la silica gel más impactador (g).

K₂: 1 g/g.

K₃: 0.001335 m³/g.

- Volumen de gas seco medido por medidor de gas seco (dscm).

$$V_m = \frac{V_m * Y * P_m * T_{std}}{P_{std} * T_m}$$

Ecuación 4.6

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

Ecuación 4.7

Y: Factor de calibración del medidor de gas seco.

P_m: Presión absoluta en el medidor de gas seco (mm Hg).

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

K₄: 0.3855 °K/mm Hg.

Bibliografía

Eviromental Supply. (2024). Retrieved from <https://www.environsupply.com/>

Ingenieria elemental. (2014). Retrieved from <https://www.ingenieriaelemental.com/posts/es/carta-psicrometrica-online>

Instituto de Salud Publica de Chile. (1996). Retrieved from <https://www.ispch.cl/sites/default/files/METODO%20CH-4%20%281%29.pdf>

State of California Air Resources Board. (1998, 07). Retrieved from https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/barcu/regact/stasrc/meth_02.pdf

US EPA. (2017, 08). *Air Emission Measurement Center*. Retrieved from https://www.epa.gov/sites/default/files/2017-08/documents/method_4_0.pdf