

METODO 2 US-EPA

DETERMINACIÓN DE VELOCIDAD Y TASA DE FLUJO VOLUMÉTRICO DE GASES EN CHIMENEA

Tomado del método No. 2 de la United States Environmental Protection Agency EPA.

RESUMEN

La velocidad promedio del gas en una chimenea se determina a partir de la densidad del gas y de la medición de la cabeza de velocidad promedio con un tubo Pitot tipo S (Stausscheibe o tipo inverso), junto con un manómetro inclinado y sensores de temperatura.

1. Aplicabilidad

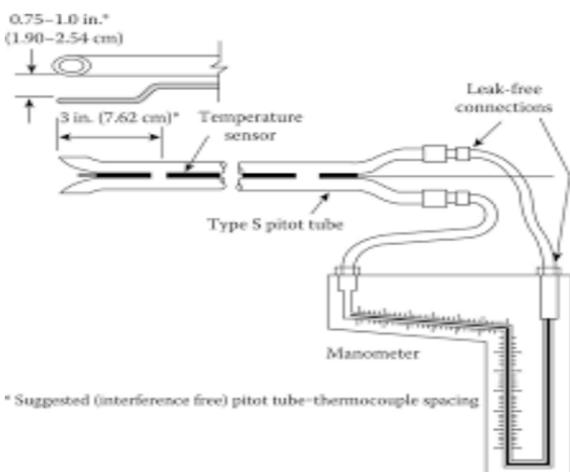
- Este método no es aplicable en sitios de medición que no cumplan los criterios del Método 1.
- El método tampoco puede ser usado para medición directa en corrientes gaseosas ciclónicas o de remolino.
- La aplicación del método en el desarrollo del método 5 se conoce como método preliminar, que consiste en medir la cabeza de presión de velocidad y la temperatura en cada punto transversal utilizando un tubo pitot, un manómetro de desplazamiento y un sistema indicador de temperatura.
- El método también se aplica para medir la velocidad y el caudal de los gases en ductos o líneas de proceso, en este caso solo se trata de mediciones pitométricas de velocidad, temperatura y composición.

Tubo Pitot

El tubo pitot tipo "S" es un instrumento para medir el diferencial de presión (Presión velocidad y presión Estática) que se utiliza para medir la velocidad del gas en la chimenea bajo el principio de Bernoulli. Deberá tener un coeficiente conocido ($C_p = 0.84 - 0.85$), para lo cual debe estar previamente calibrado en un túnel de viento. La posición de los orificios de presión estática y estándar debe resistir la obstrucción por material particulado y/o agua (US EPA, 2017).

Es posible utilizar un tubo pitot estándar, el cual no requiere calibración y tiene un coeficiente entre 1.0 ± 0.01 , como principal desventaja es que no es posible determinar el flujo ciclónico con este tipo de tubo.

Figura 1. Tubo pito tipo "S" y Manómetro Inclinado.



Manómetro Inclinado Vertical

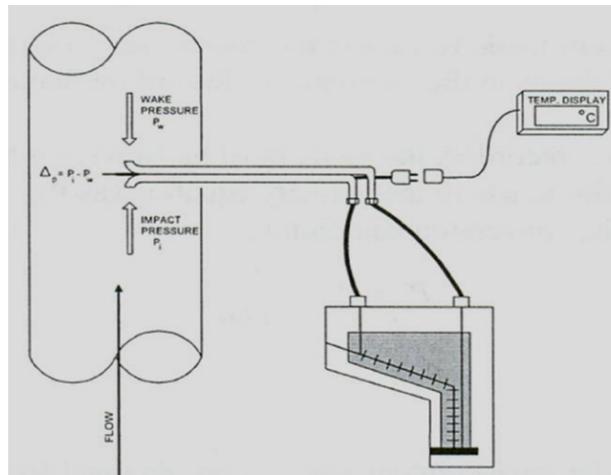
Se encuentran ubicados en la consola de control, Generalmente tienen un rango máximo de 250 mm H₂O (10 in), con divisiones de 0,2 mm H₂O en la escala horizontal de 0 a 25 mm H₂O. En la escala vertical, cuenta con divisiones cada 2 mm H₂O y va de 30 mm H₂O a 250 mm H₂O. incluye un nivel horizontal de burbuja

Son usados para medir valores de Δp entre 1,27 y 250 mm H₂O (US EPA, 2017).

2. Determinación de la cabeza de velocidad ΔP

El Δp es el resultado de la diferencia de los dos componentes de la cabeza de presión, el componente positivo resultante del impacto producido en el tubo pitot por acción de la velocidad de los gases y el componente negativo resultante del tiro o presión estática del sistema, cuando el tubo pitot se coloca perpendicular respecto a la dirección de movimiento del gas en el ducto (US EPA, 2017).

Figura 2. Determinación de la velocidad y tasa de flujo volumétrico.



La velocidad de acuerdo con el principio de Bernoulli se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$V_s = K_p * C_p * [(T_s * \Delta P) * (P_s * M_s)]^{1/2} \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Donde:

- V_s : Velocidad del gas (m/s).
- K_p : Constante, sistema métrico 34.97 – sistema inglés 85.49.
- C_p : Coeficiente del tubo pitot. Tipo "S" 0.84 – 0.85.
- T_s : Temperatura promedio de los gases (°K).
- ΔP : Prom. geom. de cabeza de presión de velocidad (mmH₂O).
- P_s : Presión absoluta en la chimenea (mmH₂O).
- M_s : Peso molecular de los gases en base humedad (g/gmol).

Cálculos para la determinación de la velocidad de los gases:

$$T_s = T_s(^{\circ}C) + 273 \quad \text{Ecuación 2.2}$$

ΔP : Prom. geom. de cabeza de presión de velocidad (mmH₂O).

$$\Delta P = [1/n \Sigma(\sqrt{\Delta P})]^2 \quad \text{Ecuación 2.3}$$

P_s : Presión absoluta en la chimenea (mmH₂O).

$$P_s = P_{Bar} + \left(\frac{P_{Estática}}{13.6}\right) \quad \text{Ecuación 2.4}$$

M_s : Peso molecular de los gases en base humedad (g/gmol).

$$M_s = M_d(1 - Bws) + 18 * Bws \quad \text{Ecuación 2.5}$$

M_d : Peso molecular de los gases en base seca (g/gmol)

$$M_d = 0.44(\%CO_2) + 0.32(\%O_2) + 0.28(\%N_2 + \%CO) \quad \text{Ecuación 2.6}$$

3. Determinación Del Flujo Volumétrico Del Gas

$$Q_{sd} = 3600 * (1 - Bws) * V_s * A_s * \left[\frac{T_{std}/T_s}{P_s/P_{std}}\right] \quad \text{Ecuación 2.7}$$

Donde:

Q_{sd} : Flujo volumétrico estándar seco del gas (dsm³/h).

B_{ws} : Humedad del gas (método 4).

A_s : Área transversal de la chimenea (m²).

- Chimenea Rectangular L*W
- Chimenea Circular $\pi(D/2)^2$

V_s : Velocidad del gas (m/s).

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

T_s : Temperatura promedio de los gases (°K).

P_s : Presión absoluta en la chimenea (mmHg).

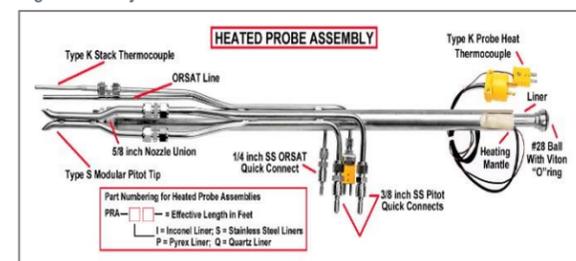
4. Procedimiento

- configurar el equipo de muestreo con comunicación del tubo pitot al manómetro inclinado que se encuentra en la consola de control mediante el cordón umbilical diferenciando la presión de velocidad (+) y la presión estática (-).
- Nivele el manómetro inclinado con el nivel horizontal, este se debe verificar en cada punto de muestreo determinado en el método 1.
- Realice una verificación de fugas previa a la prueba. (1) sopla a través de la abertura de presión de velocidad del Pitot hasta que se registre al menos 7,6 cm (3 pulgadas) de H₂O presión de velocidad en el manómetro; luego, cierre la abertura que mide la presión de velocidad, la presión deberá permanecer estable durante al menos 15 segundos; (2) haga lo mismo para el lado de presión estática, excepto que utilice succión para obtener un mínimo de 7,6 cm (3 pulg.) de H₂O.
- Registre la presión estática, con un solo registro es suficiente.
- Determine el peso molecular seco del gas de chimenea. Para procesos de combustión o procesos que emiten esencialmente CO₂, O₂, CO y N₂, utilice el Método 3.
- Considere la humedad de los gases determinado en el método 4.
- Determine el área de la sección transversal de la chimenea o conducto en el lugar de muestreo (State of California Air Resources Board, 1998).

Figura 3. Tubo Pitot



Figura 4. Conjunto sonda de muestreo



Fuente. Enviromental Supply 2017.

Bibliografía

- State of California Air Resources Board. (07 de 1998). Obtenido de https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/barcu/regact/stasrc/meth_02.pdf
- Supply, E. (2017). PRA-I(XX) Inconel Probe Assemblies. Obtenido de <https://www.environsupply.com/product/pr-a-ixx-inconel-probe-assemblies/>
- US EPA. (08 de 2017). Air Emission Measurement Center. Obtenido de <https://www.epa.gov/emc/method-2-velocity-s-type-pitot>