

PRÁCTICA 3F. CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE FLUJO VOLUMÉTRICO

A.- Objetivo

- Calibrar los siguientes medidores de flujo volumétrico: placa orificio, tobera y venturi, mediante el cálculo de los coeficientes de descarga.

B.- Fundamentos Teóricos

Un medidor de flujo es un dispositivo que permite cuantificar la cantidad de masa o el volumen, que por unidad de tiempo, pasa a través de determinada sección transversal.

Los medidores de flujo pueden clasificarse en dos tipos:

- a) Medidores de flujo volumétrico: cantidad de volumen de fluido por unidad de tiempo.
- b) Medidores de flujo másico: cantidad de masa que fluye por unidad de tiempo.

Los sistemas de medición de flujo se utilizan en el conteo, la evaluación del funcionamiento, la investigación y el control de procesos. La elección del tipo básico de medidor de flujo y sus sistemas de indicación depende de varios factores, algunos de los cuales son: el rango de medición, la exactitud requerida, el sistema de presión, el tipo de fluido, el tamaño físico del medidor y el costo.

Los medidores de flujo volumétrico determinan el valor del caudal ya sea directamente (desplazamiento) o indirectamente por deducción (la indicación puede ser una presión, un nivel de líquido, un contador mecánico, una señal eléctrica o una serie de pulsos eléctricos).

Los medidores de flujo volumétrico de presión diferencial consisten en dispositivos colocados en una sección de la línea de corriente que disminuye el diámetro de la tubería, aumentando la velocidad del fluido permitiendo así medir la caída de presión producida por él. En la práctica se consideran factores de corrección que tienen en cuenta el reparto desigual de velocidades, la contracción de la vena del fluido, las rugosidades de la tubería, etc.

Entre los instrumentos de medición basados en presión diferencial más comunes se encuentran: la placa orificio, la tobera y el tubo venturi.

La ecuación que permite calcular el caudal que pasa a través de estos instrumentos, bajo ciertas condiciones, es la siguiente:

$$Q_R = Q_I \cdot C_d = \frac{C_d \cdot A_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho}} \quad (1)$$

donde:

Q_R : caudal real [m^3/s].

Q_I : caudal ideal [m^3/s].

C_d : coeficiente de descarga [adimensional].

A_1 : área de la tubería [m^2].

A_2 : área de la garganta (tubo venturi), área de contracción (tobera) o área del orificio (placa orificio) [m^2].

Δp : caída de presión [Pa].

ρ : densidad del fluido [kg/m^3].

Placa orificio: consiste en un disco de metal perforado e instalado entre dos bridas de la línea de corriente (Fig. 3F.1). El orificio de la placa puede ser concéntrico, excéntrico o segmental. Posee dos tomas conectadas en la parte anterior y posterior de la placa.

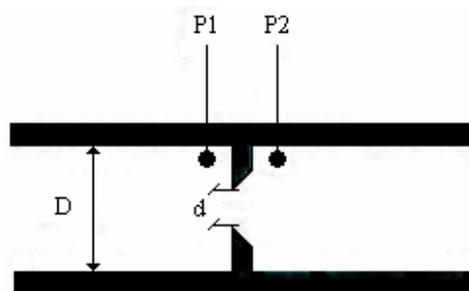


Figura 3F.1: Placa orificio.

Al instalar una placa orificio se debe considerar que el perfil de velocidades del fluido sea lo más homogéneo posible y que el flujo no se vea afectado por restricciones, codos, conexiones, etc. El número de Reynolds debe ser mayor de 20000, lo que asegura que el flujo sea turbulento.

La rangoabilidad de la placa orificio debe ser igual o menor a tres veces el caudal mínimo ($Q_{\max} \leq 3Q_{\min}$) para que la medida sea confiable. No se recomienda la utilización de la placa orificio si el flujo presenta pulsaciones o variaciones bruscas, por ejemplo salidas de bombas.

Tobera: es un dispositivo de medición colocado en una tubería con una entrada perfilada por una garganta cilíndrica corta cuya curvatura en la superficie convergente crea una zona de alta y baja presión. La tobera está situada en la tubería con dos tomas, una anterior y la otra en el centro de la sección más pequeña (Fig. 3F.2). Este instrumento permite medir caudales 60% superiores a los de la placa orificio en las mismas condiciones de servicio. Su pérdida de carga es de 30% a 80% de la presión diferencial.

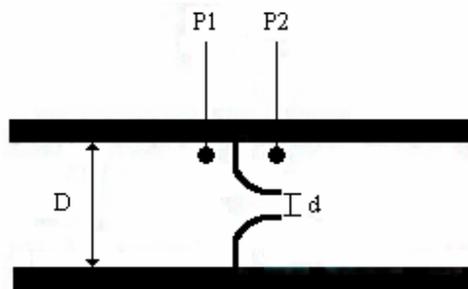


Figura 3F.2: Tobera.

Tubo venturi: consiste en un cono de convergencia cuya entrada conduce a una sección recta o garganta que se comunica con el cono de divergencia, con el objeto de minimizar las pérdidas de carga (Fig. 3F.3).

Las tomas de presión en el tubo venturi están colocadas antes de la sección convergente y en la sección convergente y en la sección recta. Este instrumento permite la medición de caudales 60% superiores a los de la placa orificio en las mismas condiciones de servicio con una pérdida de carga de sólo 10 a 20% de la presión

diferencial. El costo del tubo venturi es elevado, del orden de 20 veces el de una placa orificio.

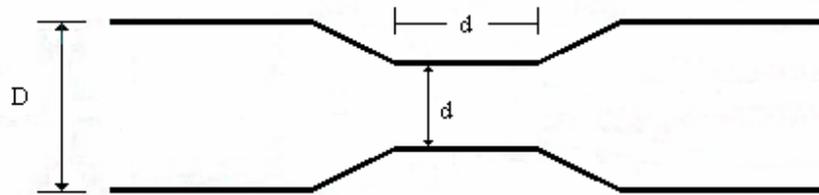


Figura 3F.3: Tubo venturi.

C.- Descripción del equipo

El equipo como se muestra en la figura 3F.4, consta de un circuito hidráulico cerrado. A continuación se describe cada una de las partes que lo conforman:

- a.- Tanque de medición de nivel (1), con las siguientes dimensiones: 0.3 m de largo, 0.3 m de ancho y 0.55 m de altura. Este tanque posee un indicador de nivel de vidrio con escala de 0-0.520 m y apreciación ± 0.001 m.
- b.- Tanque de almacenamiento (2) con las siguientes dimensiones: 0.95 m de largo, 0.53 m de ancho y 0.32 m de altura.
- c.- Tanque de reciclo (3) con las siguientes dimensiones: 0.3 m de largo, 0.23 m de ancho y 0.55 m de altura.
- d.- Una válvula de compuerta (4) con diámetro de 1½".
- e.- Un tubo venturi (5) de diámetro nominal: 0.035 m y diámetro de contracción: 0.0175 m.
- f.- Una tobera (6) de diámetro nominal: 0.035 m y diámetro de contracción: 0.0175 m.
- g.- Una placa orificio (7) de diámetro nominal: 0.035 m y diámetro de contracción: 0.0175 m.
- h.- Una bomba centrífuga (9) con un motor de inducción de ½ HP y 3450 rpm.
- i.- Un banco de tres manómetros en U (11)
 - i.1) Manómetro A con escala de 0-1010 mmHg y apreciación ± 1 mm Hg. Este manómetro reporta la caída de presión en el tubo venturi.
 - i.2) Manómetro B con escala de 0-1010 mmHg y apreciación ± 1 mm Hg. Este manómetro reporta la caída de presión en la tobera.

i.3) Manómetro C con escala de 0-1010 mmHg y apreciación ± 1 mm Hg. Este manómetro reporta la caída de presión en la placa orificio.

j.- Un soporte donde se encuentran ubicados todos los componentes del equipo.

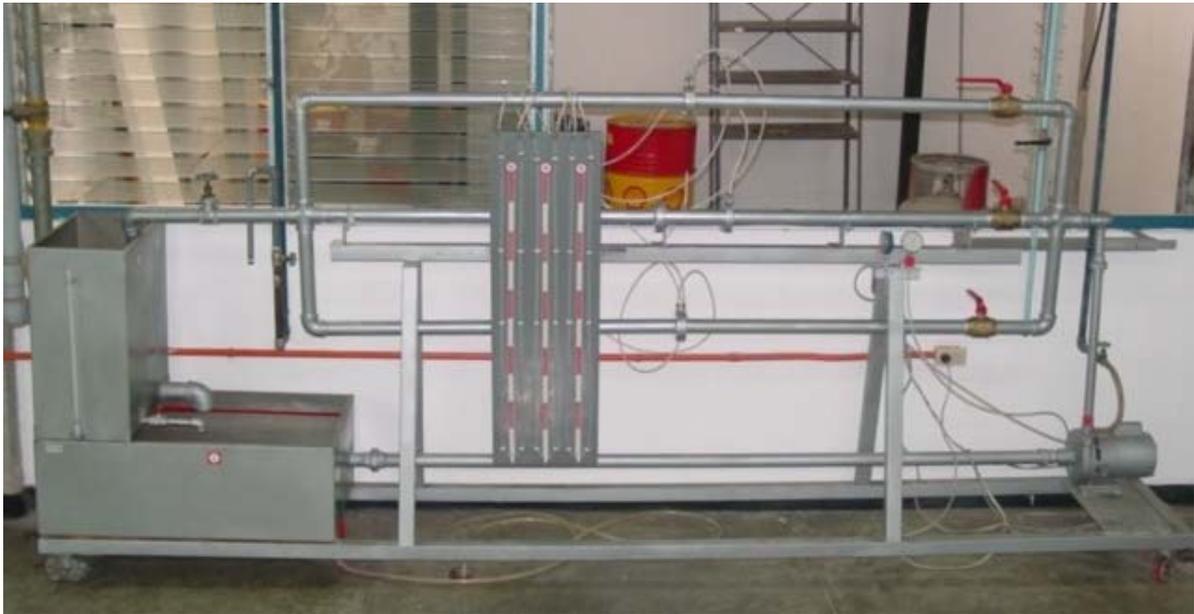


Figura 3F.4: Equipo de medidores de flujo.

D.- Cálculos

- a.- Calcular el caudal ideal de cada medidor de flujo a partir de la diferencia de presión leída en los manómetros.
- b.- Graficar la caída de presión en los medidores de flujo en función del caudal real.
- c.- Graficar los coeficientes de descarga en función del número de Reynolds.

E.- Cuestionario

- 1) ¿En qué consiste un medidor de flujo?
- 2) Mencione las ventajas y desventajas del uso del tubo venturi, la tobera y la placa orificio.
- 3) ¿Cuál es el objetivo de calibrar un medidor de flujo?
- 4) ¿Cuál es el significado físico del número de Reynolds? ¿Cómo se calcula? ¿A partir de qué valor de Reynolds, los medidores de flujo volumétrico, placa orificio, tobera y tubo venturi, reportan resultados

confiables?

- 5) Mediante la ecuación (1) se puede calcular el caudal real de los tres medidores de flujo estudiados. ¿Cuáles son las suposiciones que se deben realizar para la deducción de esta ecuación?

F.- Bibliografía

- 1- Perry, R. H. y D. Green, "Perry's Chemical Engineers' Handbook", 6^{ta} edición, McGraw-Hill Book Company, Nueva York, 1984.
- 2- Streeter, V. L. y E. B. Wylie, "Mecánica de los Fluidos", 6^{ta} edición, McGraw-Hill Latinoamericana S. A., Bogotá, 1981.
- 3- Fox, R. y A.T. McDonald, "Introducción a la mecánica de fluidos", 4^{ta} edición, McGraw-Hill Book Company, 1995.