

MEDICIÓN DE CAUDAL: PLACA DE ORIFICIO

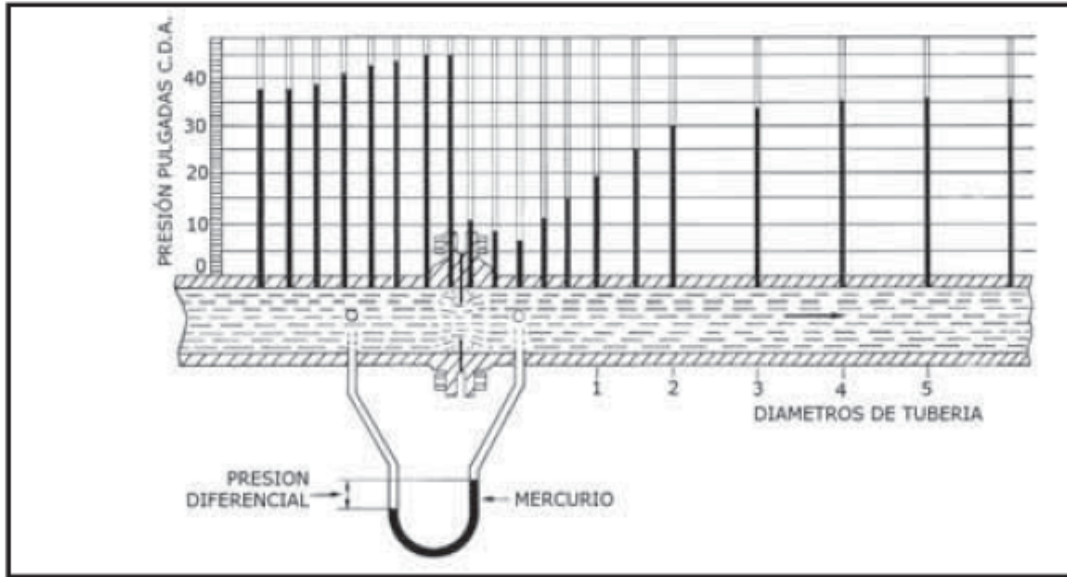
INTRODUCCIÓN

En éste trabajo se dispone a explicar la funcionalidad de la “placa de orificio” como medidora de caudal, el principio físico de funcionamiento, modelo matemático que explique la variación de la salida con la entrada, Aplicaciones más comunes– formas de instalación, Parámetros técnicos más importantes

MEDIDORES VOLUMÉTRICOS

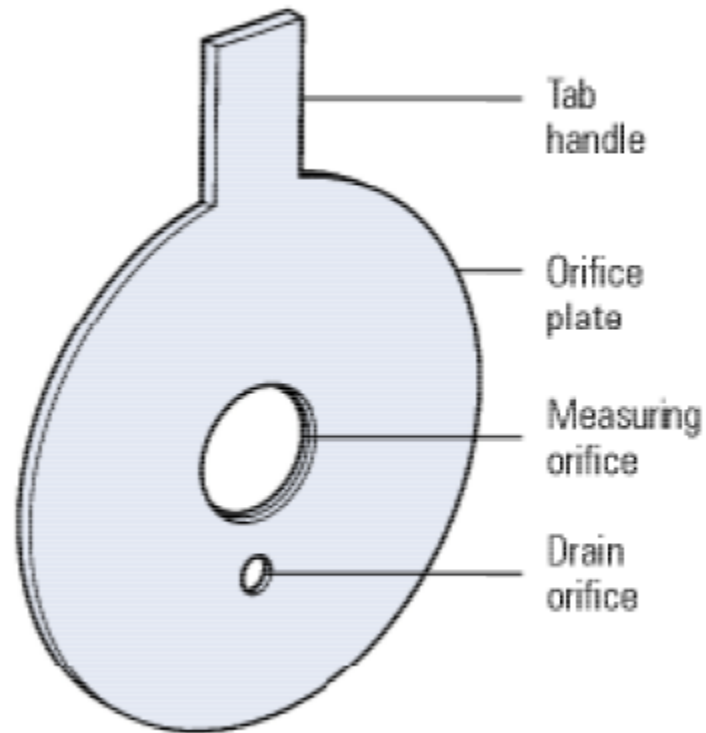
Los medidores volumétricos determinan el caudal en volumen de fluido, bien sea directamente (Desplazamiento), bien indirectamente por deducción o inferencia (presión diferencial, área variable, velocidad, fuerza, tensión inducida, torbellino). Es necesario señalar que la medida de caudal volumétrico en la industria se lleva a cabo principalmente con elementos que dan lugar a una presión diferencial al paso del fluido. Entre estos elementos se encuentran la placa orificio o diafragma, la tobera, el tubo Venturi, el tubo Pitot y el tubo Annubar.

Los elementos de presión diferencial se basan en la diferencia de presiones provocada por un estrechamiento en la tubería por donde circula el fluido (líquido, gas o vapor). La presión diferencial provocada por el estrechamiento es captada por dos tomas de presión situadas inmediatamente aguas arriba y aguas abajo del mismo, o bien a una corta distancia. Su valor es mayor que la pérdida de carga real que debe compensar el sistema de bombeo del fluido.



Presión diferencial creada por la placa de orificio. La fórmula de caudal obtenida con los elementos de presión diferencial se basa en la aplicación del teorema de Bernoulli (altura cinética + altura de presión + altura potencial = constante) a una tubería horizontal.

PLACA DE ORIFÍCIO



Una placa orificio es una restricción con una abertura más pequeña que el diámetro de la tubería en la que está inserta. La placa orificio típica presenta un orificio concéntrico, de bordes agudos. Debido a la menor sección, la velocidad del fluido aumenta, causando la correspondiente disminución de la presión. El caudal puede calcularse a partir de la medición de la caída de presión en la placa orificio. La presión diferencial es el principio físico.

La placa orificio es un sensor de caudal comúnmente utilizado, pero presenta una presión no recuperable muy grande, debido a la turbulencia alrededor de la placa, ocasionando un alto consumo de energía.

Características:

- Es una forma sencilla de medir caudal (es una chapa precisamente agujereada)
- En ciertos casos, cuando circula gas se utiliza un transmisor multi-variable
- Suelen requerir arreglos de piping específicos para poder cumplir con requisitos de tramos rectos.

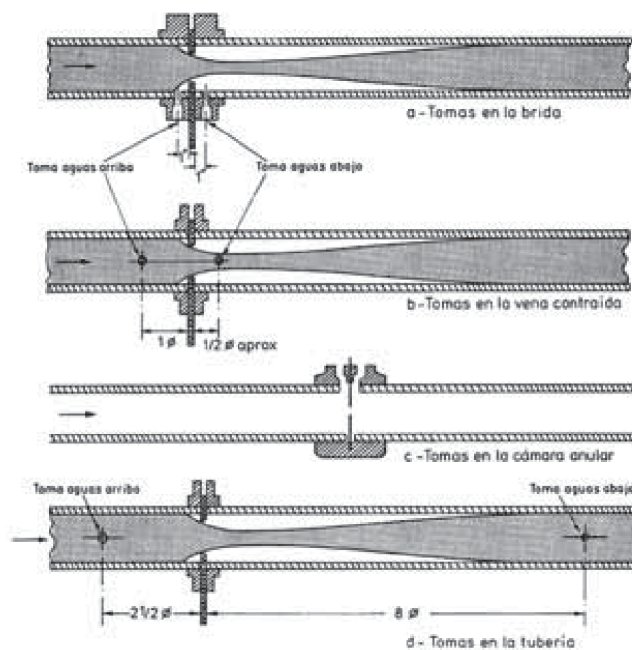
Ventajas

1. Utiliza una pequeña cantidad de material en la manufactura.

2. El tiempo de maquinado es relativamente corto.
3. El costo llega a ser comparativamente bajo.
4. Es fácilmente reproducible.
5. Es fácil de instalar y desmontar.
6. Se consigue un alto grado de exactitud.

Desventajas

1. Es inadecuada en la medición de fluidos con sólidos en suspensión.
2. No conviene su uso en la medición de vapores (se necesita perforar la parte inferior)
3. El comportamiento en su uso con fluidos viscosos es errático pues la placa se calcula para una temperatura y una viscosidad dada.
4. Produce las mayores pérdidas de presión en comparación con los otros elementos primarios.
5. Alta pérdida de energía por presión



Disposición de las tomas de presión diferencial

a) Tomas en la brida :Es bastante utilizada porque su instalación es cómoda, ya que las tomas están taladradas en las bridas que soportan la placa y situadas a 1" de distancia de la misma.

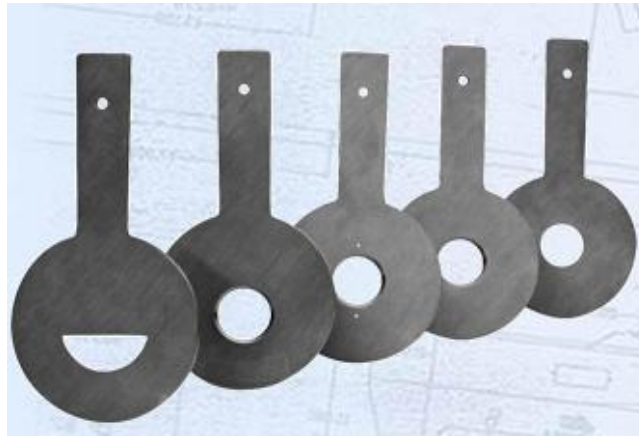
b) Tomas en la vena contraída : La toma posterior está situada en un punto donde la vena alcanza su diámetro más pequeño, lo cual depende de la razón de diámetros y se presenta aproximadamente a $1/2 \phi$ de la tubería. La toma anterior se sitúa a 1 ϕ de la tubería.

Tomas radiales : Son parecidas a las tomas de vena contraída, pero dejando siempre las tomas anterior y posterior a $1 \text{ y } 1/2 \text{ } \varnothing$ de la tubería, respectivamente.

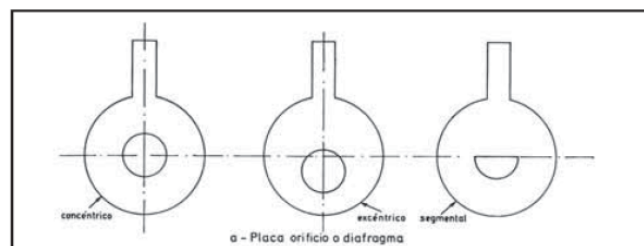
c) Tomas en la cámara anular :Las tomas están situadas inmediatamente antes y después del diafragma y requieren el empleo de una cámara anular especial. Se emplean mucho en Europa.

d) Tomas en la tubería : Las tomas anterior y posterior están situadas a $2 \frac{1}{2} \varnothing$ y $8 \varnothing$, respectivamente. Se emplean cuando se desea aumentar el intervalo de medida de un medidor de caudal dado. La situación de las tomas está en un lugar menos sensible a la medida.

El orificio de la placa puede ser *concéntrico*, *excéntrico* o *segmentado*, con un pequeño orificio de purga para los pequeños arrastres sólidos o gaseosos que pueda llevar el fluido. Los dos últimos diafragmas permiten medir caudales de fluidos que contengan una cantidad pequeña de sólidos y de gases. La exactitud obtenida con la placa es del orden de $\pm 1\%$ a $\pm 2\%$.



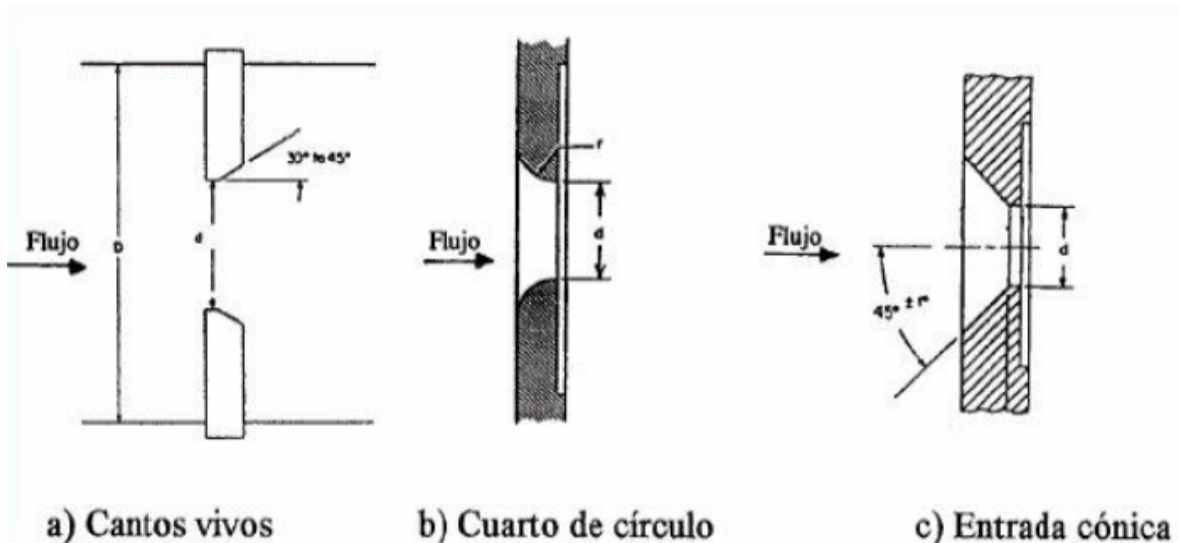
La placa concéntrica sirve para líquidos. Excéntrica para los gases donde los cambios de presión implican condensación. Cuando los fluidos contienen un alto porcentaje de gases disueltos. Segmentada, partículas en suspensión implican turbulencias que limpiarán (para que no se aglomeren partículas) el lado de alta presión evitando errores en la medición. Con el fin de evitar arrastres de sólidos o gases que pueda llevar el fluido, la placa incorpora como se menciona anteriormente un orificio de purga.



El orificio de la placa, puede ser: concéntrico, excéntrico y segmentada

- La placa concéntrica sirve para líquidos.
- Excéntrica para los gases donde los cambios de presión implican condensación. Cuando los fluidos contienen un alto porcentaje de gases disueltos.
- Segmentada, partículas en suspensión implican turbulencias que limpiarán (para que no se aglomeren partículas) el lado de alta presión evitando errores en la medición.

Con el fin de evitar arrastres de sólidos o gases que pueda llevar el fluido, la placa incorpora como se menciona anteriormente un orificio de purga. Entre los diversos perfiles de orificio que se utilizan, según se muestra en la figura N°4, se pueden destacar los siguientes: de cantos vivos, de cuarto de círculo y de entrada cónica.



El caudal a través de un orificio se determina mediante la ecuación:

$$q = C_d A \sqrt{2g\Delta P}$$

Donde:

q : es el caudal (m³/s)

C_d : es el coeficiente de descarga (adimensional)

g : es la gravedad (m/s²)

ΔP : es la caída de presión en el orificio (m)

A : es la superficie del orificio (m²)

El caudal másico, q_m puede determinarse utilizando la siguiente ecuación:

$$< /p > < p > q_m = \frac{C}{\sqrt{1 - \beta^4}} \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2\Delta P \rho} < /p > < p >$$

Donde

C : es el coeficiente de descarga (adimensional)

β : es la relación de diámetros (adimensional)

ΔP : es la diferencia de presión entre ambos lados de la placa de orificio

El caudal volumétrico se podría determinar de la siguiente forma:

$$q_m = q_v * \rho$$

De esta manera:

$$q_v * \rho = \frac{C}{\sqrt{(1 - \beta^4)}} \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2\Delta P \rho}$$

Teniendo en cuenta que las pérdidas de carga en el orificio son proporcionales al cuadrado del caudal:

$$\Delta P = k q_v^2$$

$$q_v * \rho = \frac{C}{\sqrt{(1 - \beta^4)}} \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2k q_v^2 \rho}$$

$$1 = \frac{C}{\sqrt{(1 - \beta^4)}} \frac{\pi}{4} \beta^2 D^2 \sqrt{\frac{2gk}{\gamma}}$$

De esta ecuación se obtiene β , donde ρ es la densidad del fluido a la temperatura y presión establecida, k es la pérdida de carga en el orificio y γ es el peso específico del agua

Coeficiente de descarga

Para determinar el coeficiente de descarga en placas de orificio, se utiliza la ecuación de Stolz:

$$C = 0.5961 + 0.0261 * \beta^2 - 0.216 * \beta^8 + 0.000521 * \left[\frac{10^6 * \beta}{Re} \right]^{0.7} + \\ (0.0188 + 0.0063 * A) * \beta^{3.5} * \left[\frac{10^6}{Re} \right]^{0.3} + (0.043 + 0.08 * e^{-10 * L_1} - \\ 0.123 * e^{-7 * L_2} * (1 - 0.114 * A) * \left[\frac{\beta^4}{1 - \beta^4} \right] - \\ 0.031 * M_2 - 0.8 * M_2^{1.1}) * \beta^{1.3}$$

Donde:

$$\beta = \frac{d}{D} \text{ es la relación de diámetros}$$

Re es el número de Reynolds, definido según la siguiente ecuación:

$$Re = \frac{v * D}{\nu}$$

Donde

v es la velocidad del fluido (m/s)

D es el diámetro interno de la tubería (m)

ν es la viscosidad cinemática del fluido m^2/s

$L_1 = \frac{l_1}{D}$ es la relación que existe entre la distancia desde el plano de las tomas de presión aguas arriba hasta la cara aguas arriba de la placa de orificio y el diámetro de la tubería

$L_2 = \frac{l_2}{D}$ es la relación que existe entre la distancia desde el plano de las tomas de presión aguas abajo hasta la cara aguas abajo de la placa de orificio y el diámetro de la tubería

Por último A se determina de la siguiente ecuación:

$$A = \left[\frac{19000 * \beta}{R_e} \right]^{0.8}$$

En el caso que nos ocupa, la distancias L_1 y L_2 son cero, ya que se pretende determinar la pérdida de carga que se produce en la placa.

$$C = 0.5961 + 0.0261 * \beta^2 - 0.216 * \beta^8 + 0.000521 * \left[\frac{10^6 * \beta}{R_e} \right]^{0.7} +$$

$$(0.0188 + 0.0063 * A) * \beta^{3.5} * \left[\frac{10^6}{R_e} \right]^{0.3}$$

INSTALACIÓN

Generalmente la placa de orificio se instala en las bridas de la tubería.

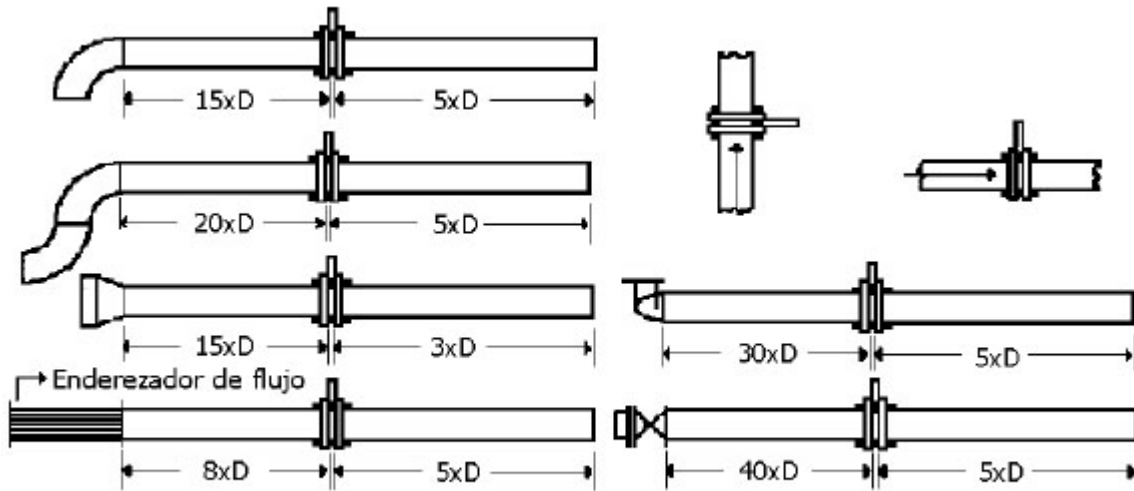
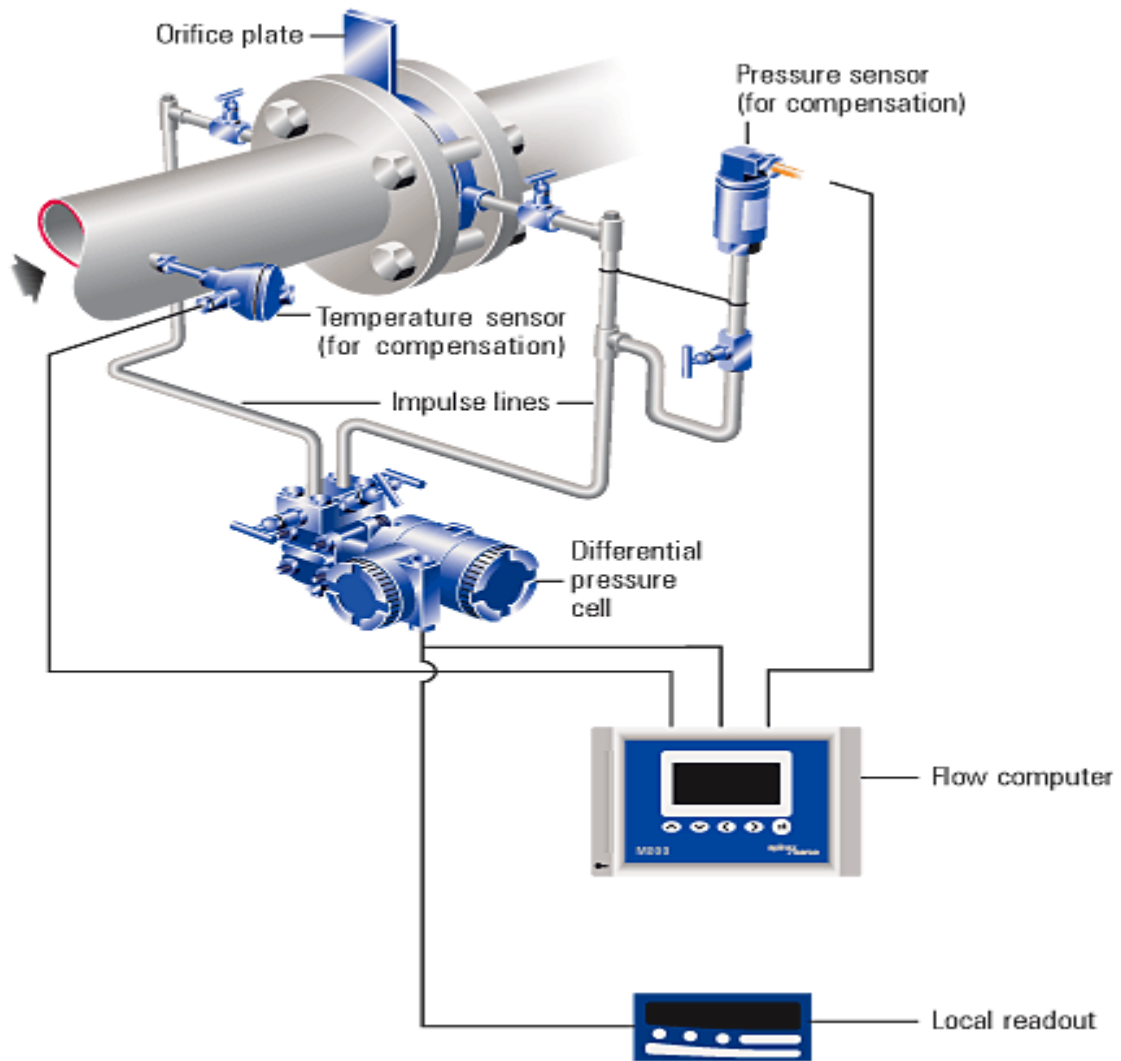


Figura - Requerimientos mínimos de tubería recta para colocar placas orificio







BIBLIOGRAFÍA

- 1) INSTRUMENTACION INDUSTRIAL CREUS LIBRO - Creus 8th
- 2) <http://www.electromatica.cl/flujometros.html> (visto 13/03/2014)
- 3) http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/es/medidores/p_orificio/ventajas%20y%20desventajas.htm (visto 13/03/2014)
- 4) http://www.ecured.cu/index.php/Placa_de_orificio (visto 14/03/2014)
- 5) <http://www.atarea.es/ingenieria/placas-de-orificio-calculo-y-diseno/> (visto 14/03/2014)