

UNIDAD 8 – Parte 2

MEDICIÓN Y TRANSMISIÓN DE CAUDAL

INTRODUCCION

Existen varios métodos para medir el caudal según sea el tipo de caudal volumétrico o másico deseado.

A continuación se da una clasificación de los mismos según el principio de funcionamiento



CAUDALÍMETROS VOLUMÉTRICOS INDIRECTOS – Presión Diferencial

Conceptos:

La fórmula general de caudal se obtiene de la ecuación de **Bernouilli** aplicada a una tubería horizontal con una restricción en su interior, como puede observarse en la Figura 1:

<https://youtu.be/6LR00d6HRPg>

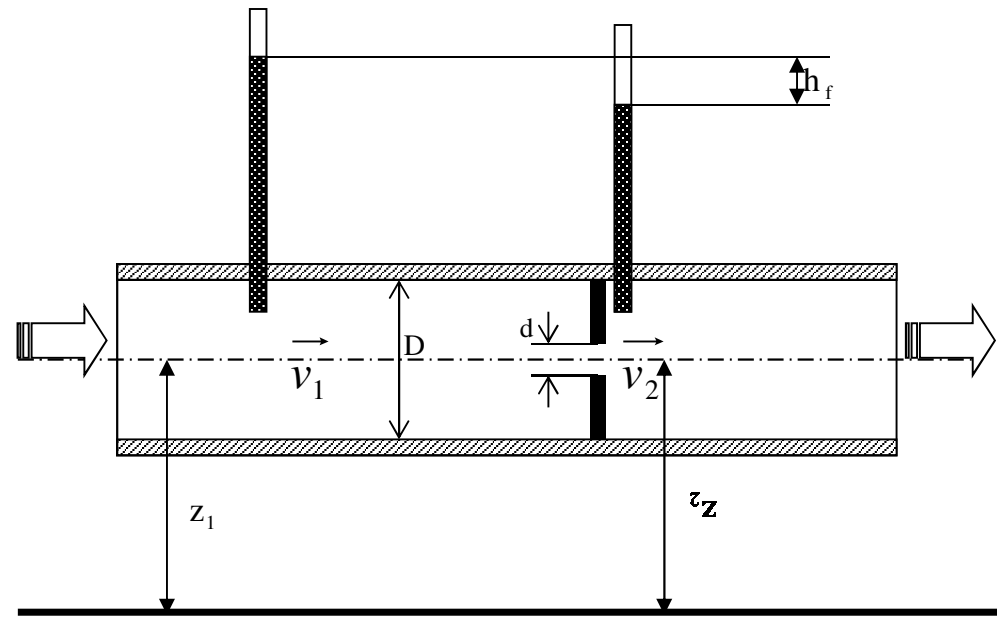


Figura 1

TEOREMA DE BERNOULLI

$$m \cdot z_1 \cdot g + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 + m \cdot \frac{P_1}{\rho_1} + E_1 = m \cdot z_2 \cdot g + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 + m \cdot \frac{P_2}{\rho_2} + E_2$$

Siendo:

m : unidad de masa.

z_1 : altura sobre el plano de referencia al centro del tramo de tubería.

z_2 : ídem al centro de la restricción.

g : aceleración de la gravedad.

v_1 y v_2 : velocidades del fluido antes y en la restricción, respectivamente.

P_1 y P_2 : presiones antes y en la restricción, respectivamente.

ρ_1 y ρ_2 : densidades del fluido antes y en la restricción, respectivamente.

E_1 y E_2 : energía interna del fluido antes y en la restricción, respectivamente.

CAUDALÍMETROS VOLUMÉTRICOS INDIRECTOS – Presión Diferencial

Si no hay variación de temperatura antes y después del estrangulamiento, $E1 = E2$

Esta ecuación es aplicable a líquidos y gases, ahora bien, para líquidos considerados incompresibles, la densidad permanece constante, luego $\rho_1 = \rho_2 = \rho$. Además, dado que la tubería está horizontal, resulta que $Z_1 = Z_2$, por lo que podemos ordenar la ecuación C.1 de la siguiente forma:

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 + m \cdot \frac{P_1}{\rho_1} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 + m \cdot \frac{P_2}{\rho_2}$$

Dividiendo por m y g , se tiene:

$$\frac{1}{2g} \cdot v_1^2 + \frac{P_1}{g \cdot \rho_1} = \frac{1}{2g} v_2^2 + \frac{P_2}{g \cdot \rho_2}$$

CAUDALÍMETROS VOLUMÉTRICOS INDIRECTOS – Presión Diferencial

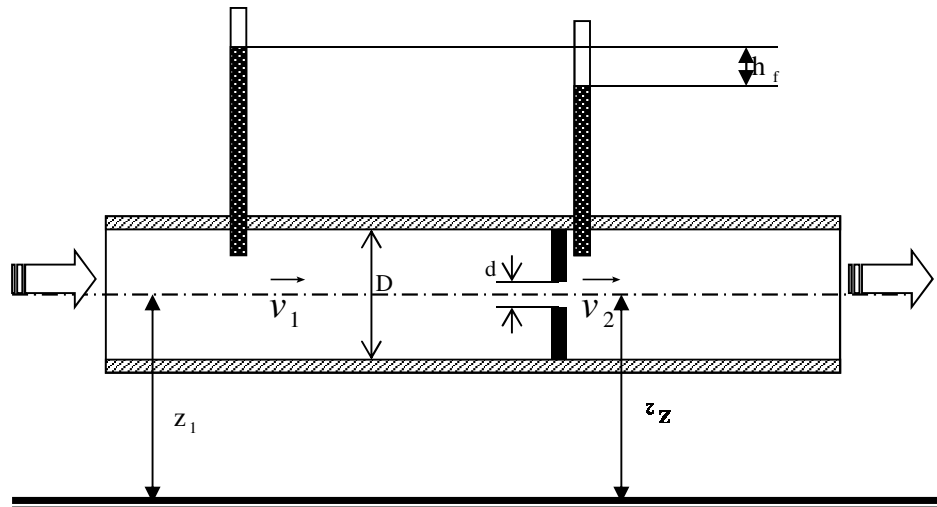


Figura 1

$$h_f = \frac{P_1}{g \cdot \rho_1} - \frac{P_2}{g \cdot \rho_2} = \frac{1}{2g} v_2^2 - \frac{1}{2g} \cdot v_1^2$$

$$2 \cdot g \cdot h_f = v_2^2 - v_1^2$$

CAUDALÍMETROS VOLUMÉTRICOS INDIRECTOS – Presión Diferencial

Aplicando la ecuación de continuidad, esto es el caudal volumétrico Q será el mismo antes y después de la restricción:

$$Q = S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2 \quad \longrightarrow \quad v_1 = \frac{S_2}{S_1} \cdot v_2$$
$$S_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad S_2 = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

Siendo:

S_1 = área de pasaje de la tubería de diámetro D .

S_2 = área de la restricción de diámetro d .

$$2 \cdot g \cdot h_f = v_2^2 - \frac{S_2}{S_1} v_2^2 = v_2^2 \left(1 - \frac{S_2^2}{S_1^2}\right)$$

$$2 \cdot g \cdot h_f = v_2^2 - \frac{S_2}{S_1} v_2^2 = v_2^2 \left(1 - \frac{d^4}{D^4}\right)$$

CAUDALÍMETROS VOLUMÉTRICOS INDIRECTOS – Presión Diferencial

Considerando:

$$\beta = \frac{d}{D} \rightarrow 2 \cdot g \cdot h_f = v_2^2 (1 - \beta^4)$$

Entonces:

$$v_2^2 = \frac{2 \cdot g \cdot h_f}{(1 - \beta^4)} \rightarrow v_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h_f}{(1 - \beta^4)}}$$

Finalmente:

$$Q = S_2 \cdot v_2 = S_2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h_f}{(1 - \beta^4)}}$$

CAUDALÍMETROS VOLUMÉTRICOS INDIRECTOS – Presión Diferencial

La ecuación anterior ha sido deducida suponiendo que las restricciones S1 y S2 son perfectamente determinadas, esto no ocurre en la práctica debido a que la sección mínima de la vena líquida se produce un poco después de la restricción y que depende de varios factores entre los que se encuentran la forma de los bordes del orificio, la viscosidad, etc., por tal motivo la ecuación se afecta de un coeficiente de **descarga C que se define de la siguiente manera:**

$$C = \frac{\textit{flujo real}}{\textit{flujo teórico}}$$

Si la temperatura y la densidad son las mismas en ambas secciones se puede asumir que C es constante y dado que β también lo es, **se pueden agrupar en una sola constante K, de forma tal que:**

$$K = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}}$$

Nota: El coeficiente K también depende, entre otros factores, del Número de Reynolds de la instalación como veremos más adelante.

Finalmente:

$$Q = K \cdot S_2 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_f}$$

CAUDALÍMETROS VOLUMÉTRICOS INDIRECTOS – Presión Diferencial

Los transmisores de caudal (FT) que miden la diferencia de presión (P1-P2) en pulgadas equivalentes de columna de agua, cualquiera sea el fluido, líquido o gaseoso, para ello, nos valemos de la siguiente igualdad:

$$h_f \cdot \delta_f = h_w \cdot \delta_w \rightarrow h_f = \frac{h_w \cdot \delta_w}{\delta_f}$$

Donde δ_f y δ_w son los pesos específicos del fluido y del agua respectivamente, por lo que la ecuación de cálculo de "Q" se puede expresar ahora como:

$$Q = K \cdot S_2 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \frac{h_w \cdot \delta_w}{\delta_f}}$$

CAUDALÍMETROS VOLUMÉTRICOS INDIRECTOS – Presión Diferencial

Es necesario ahora agregar ahora un nuevo coeficiente, F_a , que es un factor de corrección por dilatación del dispositivo (placa orificio, tubo Venturi, etc.) a la temperatura de operación.

Además si se asume que δ_f permanece constante y sabiendo que:

$$S_2 = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

Agrupando todas constantes en una nueva constante K_1 , se puede dar una nueva expresión a la siguiente ecuación:

$$Q = K_1 \cdot d_2 \cdot F_a \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_w}$$

CAUDALÍMETROS VOLUMÉTRICOS INDIRECTOS – Presión Diferencial

Corrección para gases y vapores: Cuando se mide el caudal de un gas, es necesario aplicar un nuevo factor de corrección debido a la expansión adiabática sufrida al pasar de una zona de mayor presión a una de menor presión.

En general la corrección, denominada “Y” es determinada experimentalmente y aplicada empíricamente, dicho coeficiente depende:

- Tipo de elemento primario de medición usado (placa orificio, tobera o tubo Venturi).
- Relación β
- Relación de presiones $P1 / P2$
- Relación de calor específico a presión constante y de calor específico a volumen constante Cp / Cv

Por lo que la ecuación **para gases y vapores será:**

$$Q = K_1 \cdot d_2 \cdot Y \cdot F_a \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_w}$$

Las ecuaciones anteriores son las expresiones generales de los elementos de medición primaria basados en presión diferencial o de área constante , la primera para líquidos y la segunda para gases y vapores, dichas fórmulas pueden ser afinadas teniendo en cuenta una serie de coeficientes, en su mayoría empíricos y obtenibles por tablas

CAUDALÍMETROS VOLUMÉTRICOS INDIRECTOS – Presión Diferencial

Tipos de placas de orificio

Placas de orificio concéntricas:

En estas placas el orificio del disco se encuentra en el centro del mismo. De aplicación universal para fluidos limpios.

Placas de orificio concéntricas cónicas:

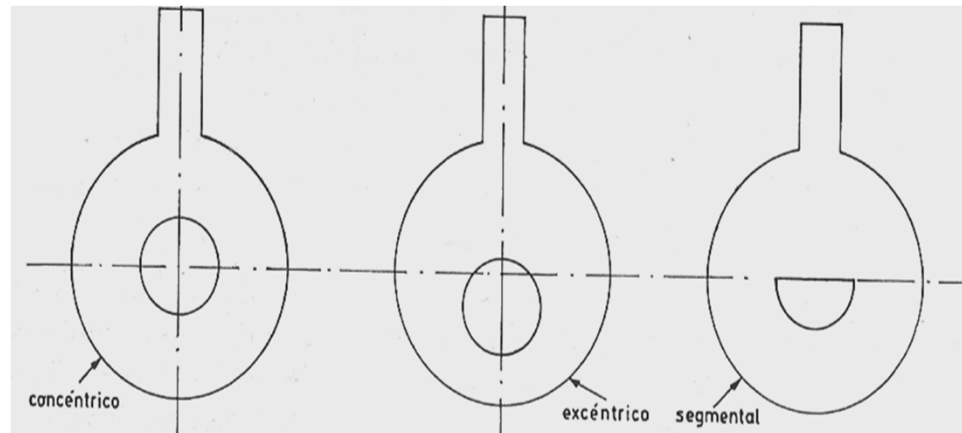
En este caso el orificio al igual que las placas concéntricas se encuentra en el centro del disco, pero en este el diámetro del orificio se va reduciendo a medida que el fluido va atravesando el disco. Es utilizados para fluidos que tienen un alto número de Reynolds, es decir fluidos que tienden a comportarse de forma turbulenta.

Placas de orificio excéntricas:

Son aquellas en las que el orificio no se encuentra en el centro del disco sino que levemente hacia abajo. Se utiliza para tuberías de diámetro pequeño.

Placas de orificio concéntricas segmentadas:

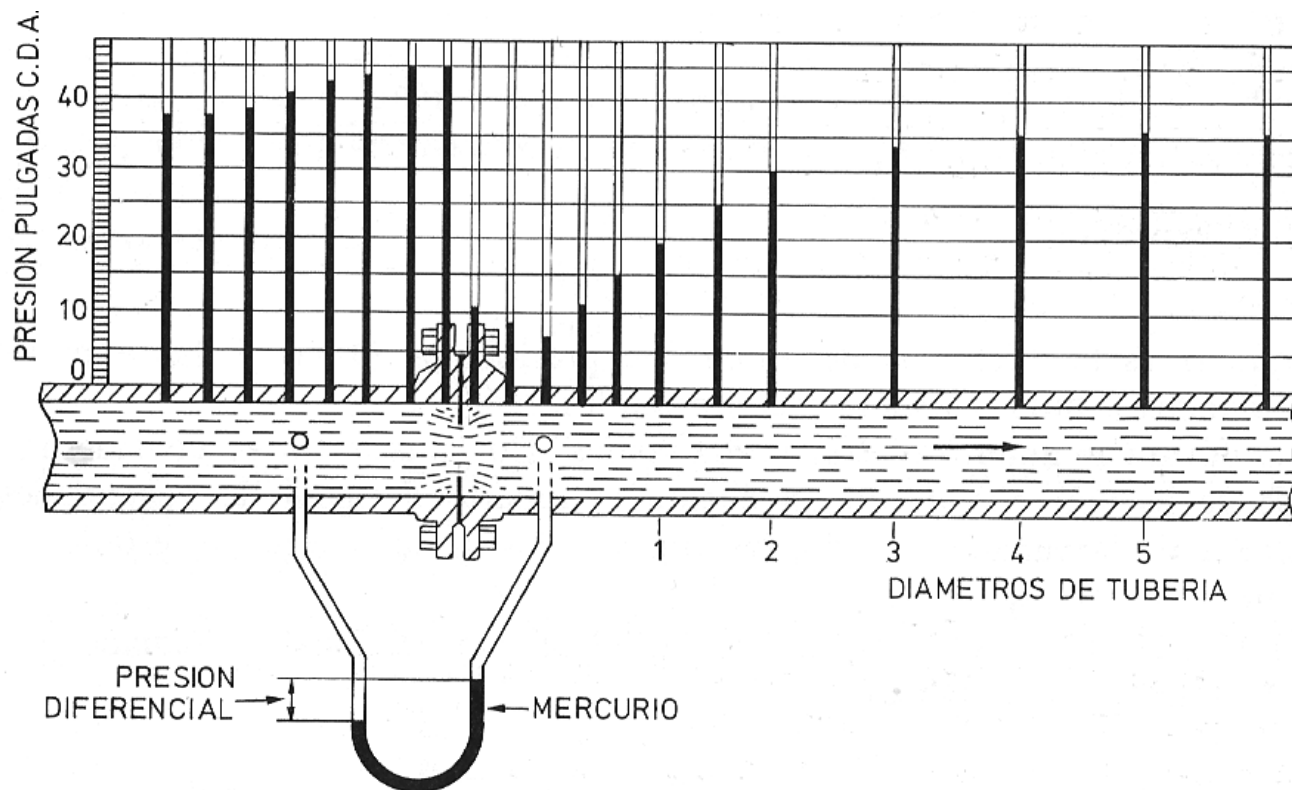
Aquí la diferencia con las otras placas concéntricas es que el orificio no es un círculo sino que está segmentado, formando un semicírculo. Es utilizado para medición de fluidos que contienen partículas.



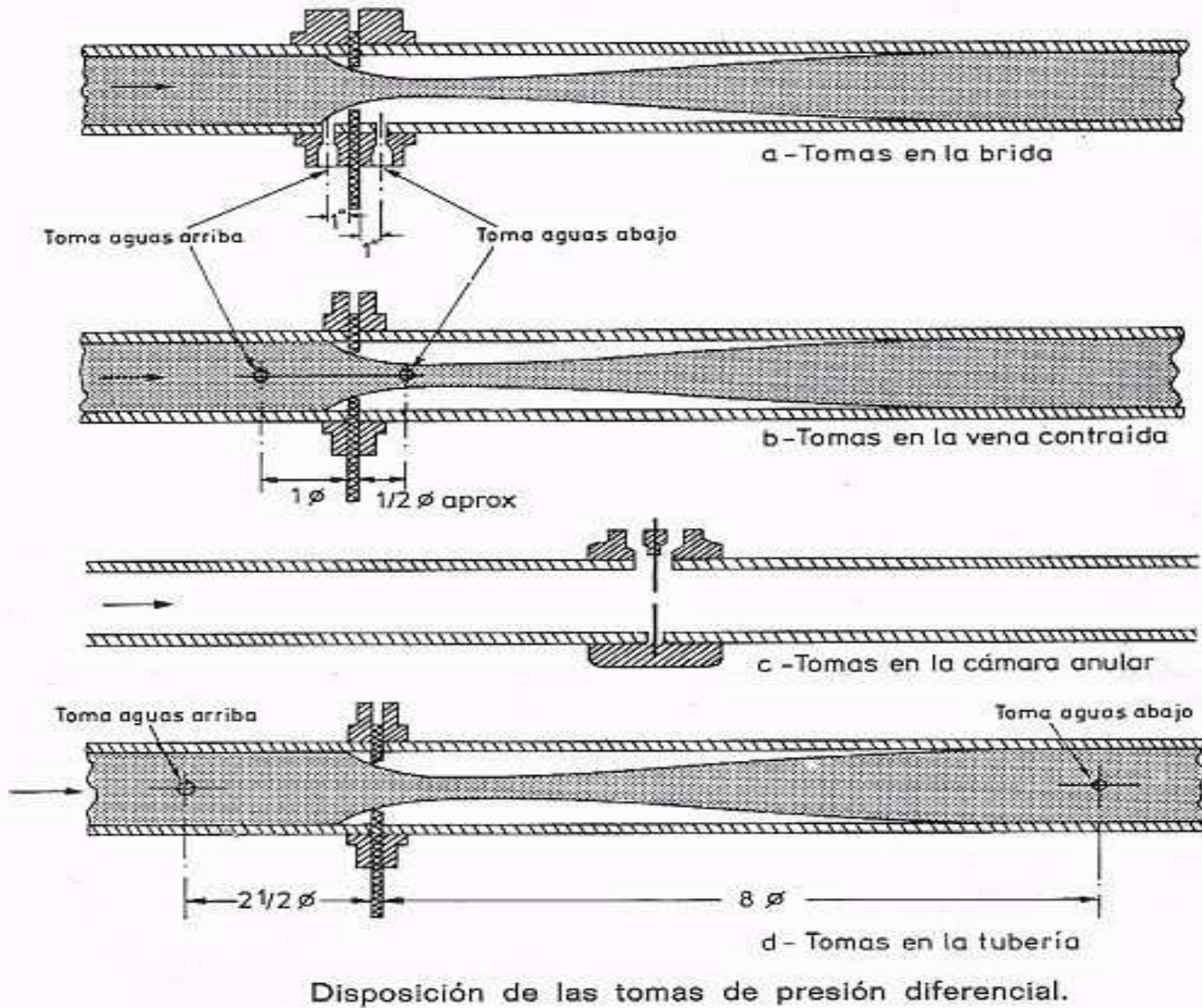
CAUDALÍMETROS VOLUMÉTRICOS INDIRECTOS – Presión Diferencial

Ubicación de las tomas de presión en la placa orificio: como ya se dijo, la sección de la vena fluida continúa disminuyendo luego de haber pasado por el orificio de la placa, por lo tanto la presión será mínima está en la zona donde la vena fluida tiene su menor sección (vena contracta).

La figura siguiente da una indicación didáctica de la distribuciones de la presiones, según la ubicación de la placa.

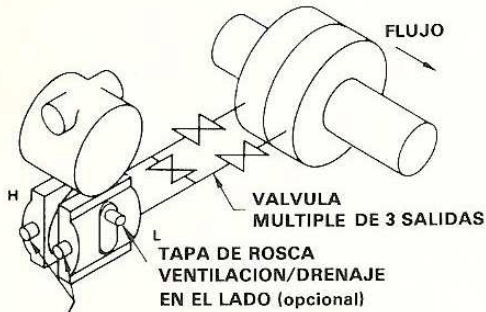
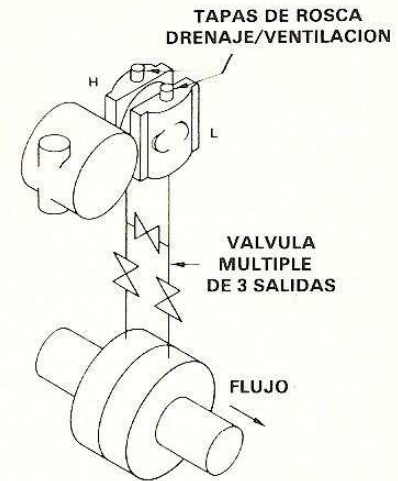
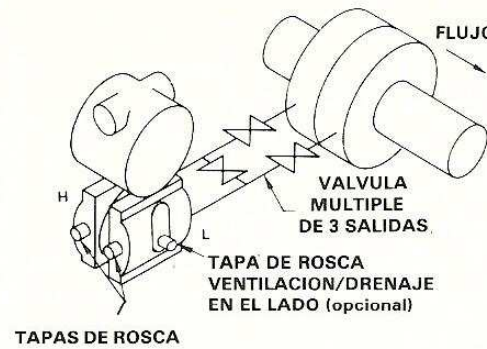
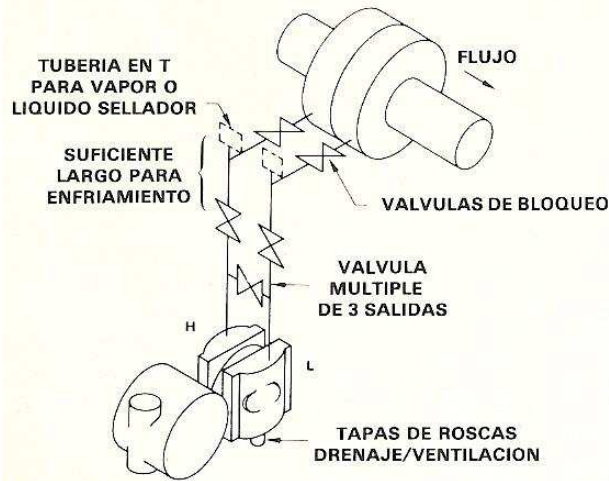


CAUDALÍMETROS VOLUMÉTRICOS INDIRECTOS – Presión Diferencial



CAUDALÍMETROS VOLUMÉTRICOS INDIRECTOS – Presión Diferencial

INSTALACION

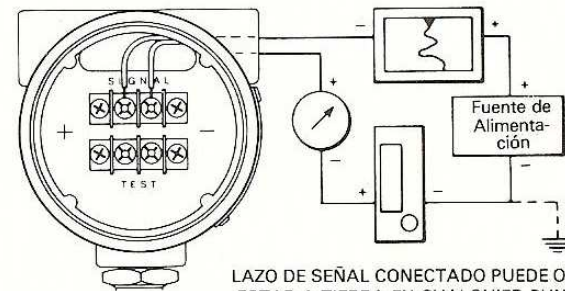


TAPAS DE ROSCAS

SERVICIO LIQUIDO

SERVICIO DE GAS

CONEXIONES DE ALAMBRADO



LAZO DE SEÑAL CONECTADO PUEDE O NO ESTAR A TIERRA EN CUALQUIER PUNTO

NOTA: Para servicio de vapor no drene la tubería de conexión a través del transmisor. Drene las tuberías con las válvulas de bloqueo cerradas y vuelva a llenar las tuberías con agua antes de volver a medir.

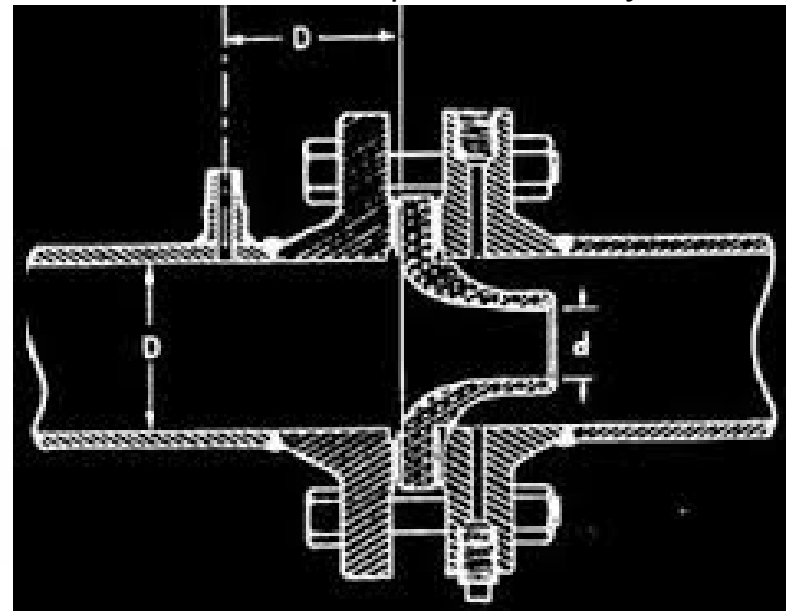
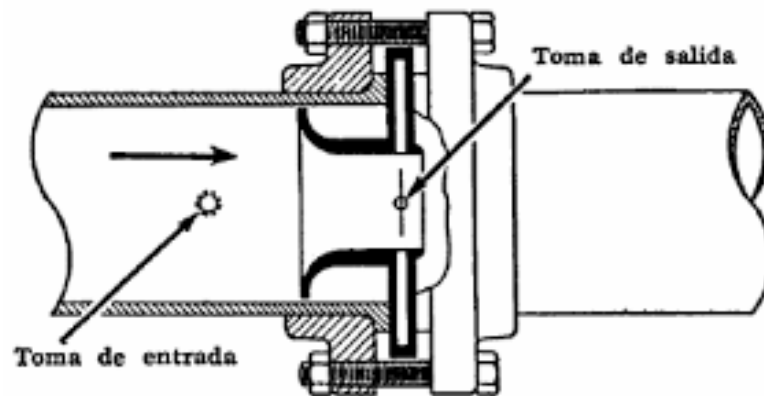
CAUDALÍMETROS VOLUMÉTRICOS INDIRECTOS – Presión Diferencial

Tobera

La tobera está situada en la tubería con dos tomas, una anterior y la otra en el centro de la sección mas pequeña, figura siguiente.

La tobera permite caudales 60% superiores a los de la placa orificio en las mismas condiciones de servicios.

Su pérdida de carga es de 30 a 80 % de la presión diferencial. Puede emplearse para fluidos que arrastren sólidos en pequeña cantidad, si bien, si estos sólidos son abrasivos, pueden afectar la precisión de elemento. El costo de la tobera es de 8 a 16 veces el de una placa orificio y su precisión es del orden de +/- 0.95 a +/- 1.5%.



CAUDALÍMETROS VOLUMÉTRICOS INDIRECTOS – Presión Diferencial

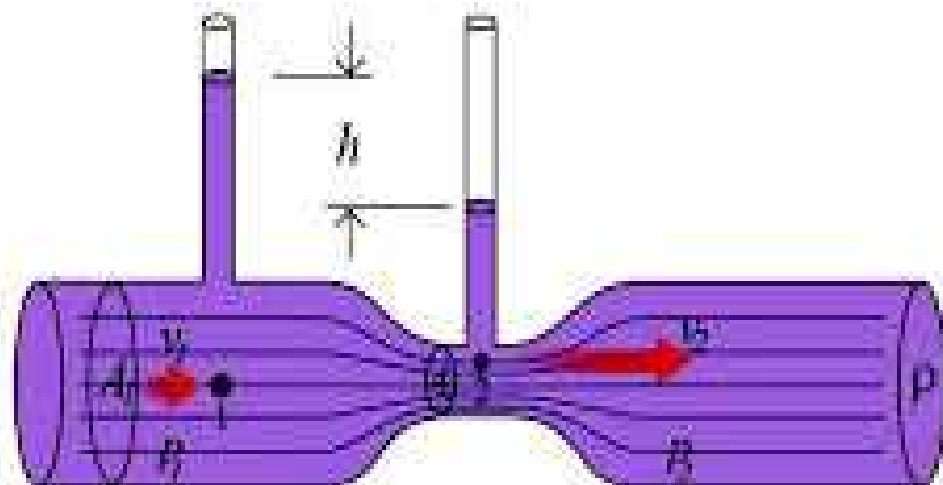
Tubo Venturi

La **diferencia del tubo de Venturi con la placa de orificio** es que la disminución de la sección del tubo es realizada directamente por el mismo tubo.

Permite la medición de caudales 60 % superiores a los de la placa orificio en las mismas condiciones de servicio y con una pérdida de carga de solo 10 a 20 % de la presión diferencial.

Posee una gran precisión y permite el paso de fluidos con un porcentaje relativamente grande de sólidos, si bien , los sólidos abrasivos influyen afectando la exactitud de la medida.

El costo del tubo de Venturi es elevado, del orden de 20 veces el de una placa orificio y su precisión es del orden de +/- 0.75%.

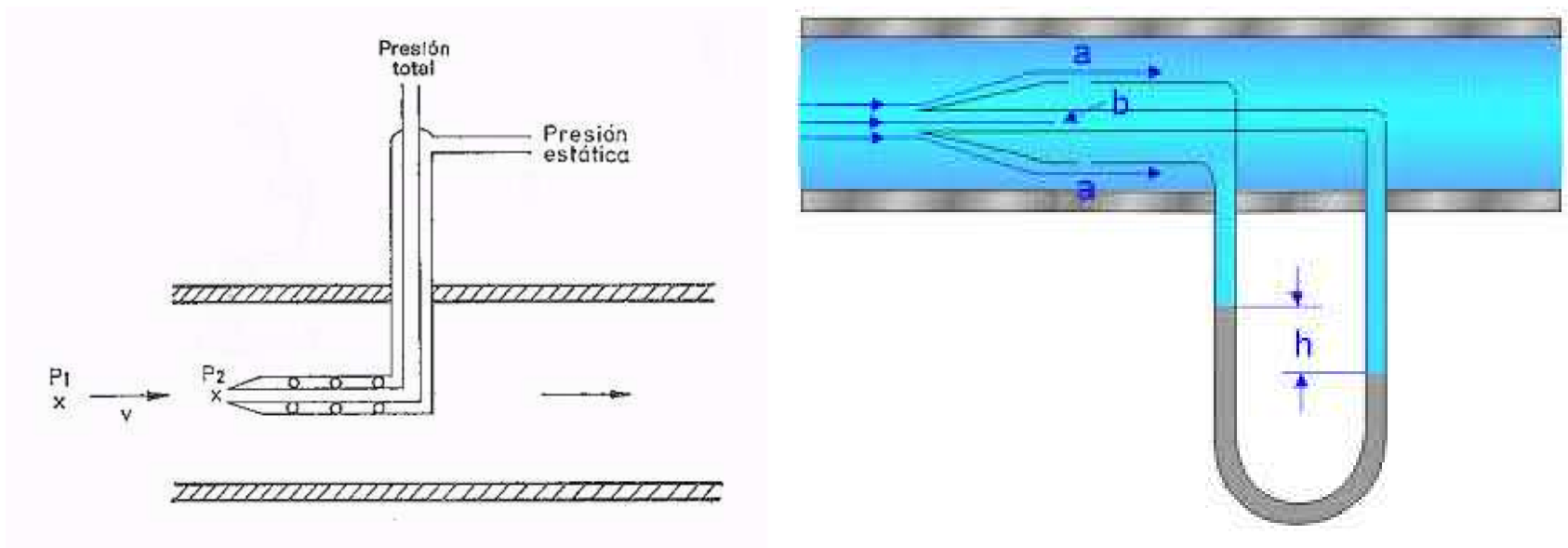


CAUDALÍMETROS VOLUMÉTRICOS INDIRECTOS – Presión Diferencial

Tubo Pitot :

El tubo Pitot mide la diferencia entre la presión total y la presión estática, o sea, la presión dinámica, la cual es proporcional al cuadrado de la velocidad. Figura C.6

<https://youtu.be/71SVzWBqOTU>



CAUDALÍMETROS VOLUMÉTRICOS INDIRECTOS – Presión Diferencial

Aplicando la ecuación de Bernoulli entre el punto P_1 y el P_2 obtenemos:

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2 \cdot g}$$

Teniendo en cuenta que $v_2 = 0$; se tiene:

$$\frac{P_2}{\rho \cdot g} = \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot (P_2 - P_1)}{\rho}}$$

Donde:

P_2 = Presión de impacto o total absoluta en el punto donde el fluido anula su velocidad.

P_1 = Presión estática absoluta en el fluido.

ρ = Densidad

v_1 = Velocidad del fluido en el eje de impacto.

CAUDALÍMETROS VOLUMÉTRICOS INDIRECTOS – Presión Diferencial

Se introduce un coeficiente de velocidad C para tener en cuenta la irregular distribución de velocidades, la rugosidad de la tubería, etc., por lo que resulta:

$$v_1 = C \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (P_2 - P_1)}{\rho}}$$

Por lo que el caudal, en base a la ecuación de continuidad, será:
Siendo A , el área de pasaje de la tubería.

$$Q = A \cdot v_1 = A \cdot C \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (P_2 - P_1)}{\rho}}$$

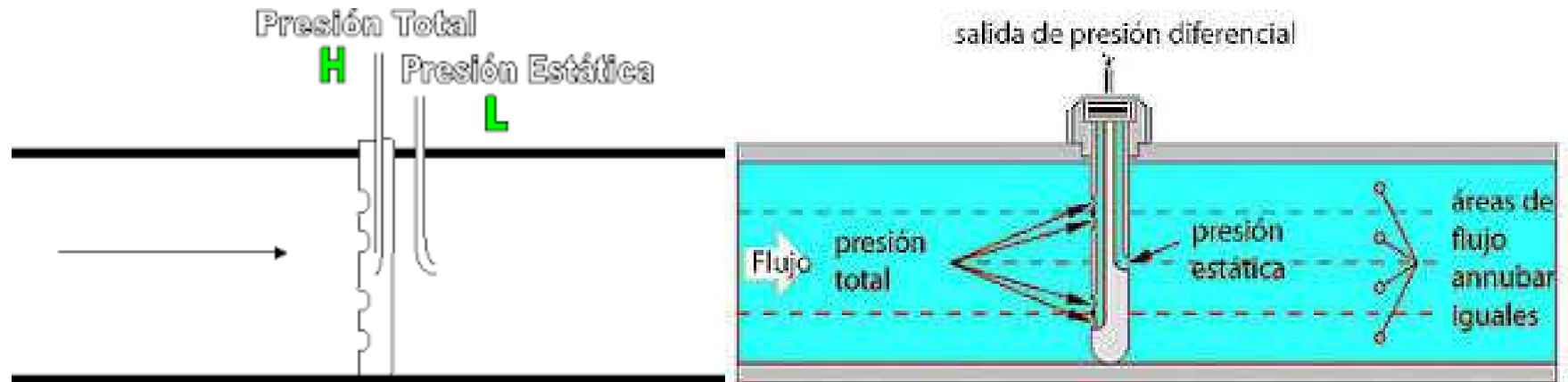
El tubo Pitot es sensible a las variaciones en la distribución de velocidades en la sección de la tubería, de aquí que en su empleo es esencial que el flujo sea laminar disponiéndolo en un tramo recto de tubería.

Su precisión es baja, del orden del 1.5 a 4% y se emplea normalmente para la medición de grandes caudales de fluidos limpios con una baja pérdida de carga.

CAUDALÍMETROS VOLUMÉTRICOS INDIRECTOS – Presión Diferencial

Tubo Annubar :

Es una innovación del tubo Pitot y consta de dos tubos, el de presión total y el de presión estática.



El tubo que mide la presión total está situado a lo largo de un diámetro transversal de la tubería y consta de varios orificios que cubren cada uno la presión total en un anillo de área transversal de la tubería, estos anillos tienen áreas iguales.

El tubo que mide la presión estática se encuentra detrás del de presión total con su orificio en el centro de la tubería y aguas debajo de la misma.

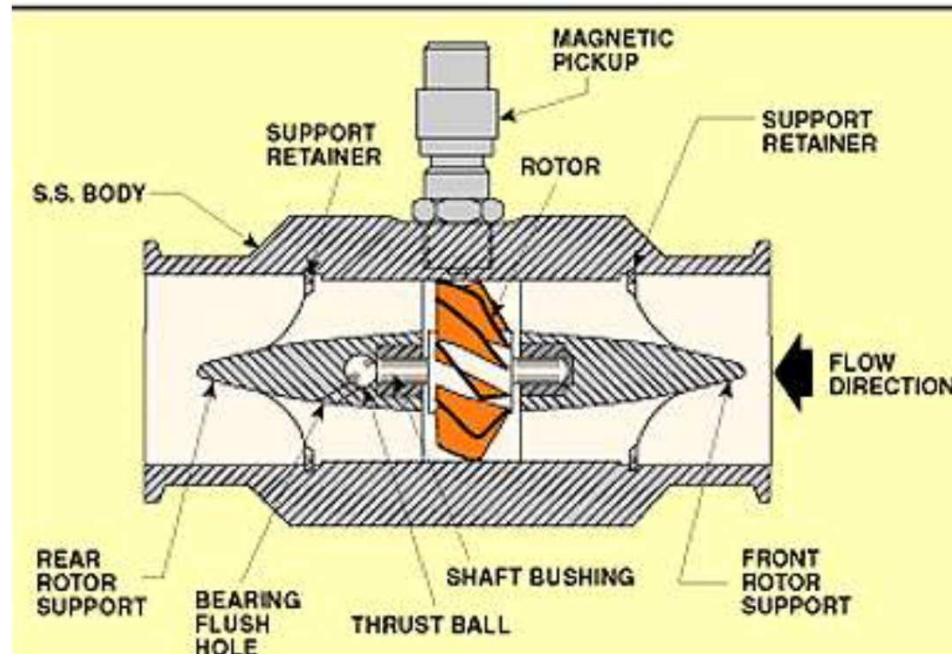
El tubo Annubar es de mayor precisión que el tubo Pitot , tiene una baja pérdida de carga y se emplea para la medida de pequeños o grandes caudales de líquidos o gases.

CAUDALÍMETROS VOLUMÉTRICOS INDIRECTOS – De Turbina

Los medidores de turbina consisten en un rotor que gira al paso del fluido con una velocidad directamente proporcional al caudal.

<https://youtu.be/IVzhu5jCx5w>

La velocidad del fluido ejerce una fuerza de arrastre en el rotor; la diferencia de presiones debida al cambio de área entre el rotor y el cono posterior ejerce una fuerza igual y opuesta. De este modo el rotor está en equilibrio hidrodinámicamente y gira entre los conos anterior y posterior sin necesidad de utilizar rodamientos axiales evitando así un rozamiento que necesariamente se produciría.



CAUDALÍMETROS VOLUMÉTRICOS INDIRECTOS – De Turbina

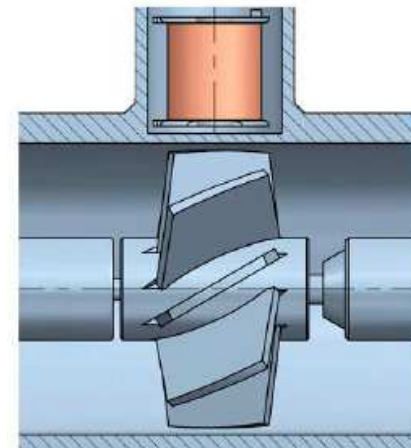
Los Caudalímetros de Turbina van provistos de una hélice que gira cuando la corriente fluida incide sobre ella. La velocidad de giro es proporcional al caudal de manera que, conocida dicha velocidad se conoce el caudal. Para determinarla se emplea un captador que genera un pulso cada vez que un aspa de la hélice pasa frente a él. De esta forma se obtiene un tren de pulsos cuya frecuencia permite determinar el caudal.

Existen dos tipos de convertidores para captar la velocidad de la turbina.

a.- **En el de reluctancia** la velocidad viene determinada por el paso de las palas individuales de la turbina a través del campo magnético creado por un imán permanente montado en una bobina captora exterior. El paso de cada pala varía la reluctancia del circuito magnético. Esta variación cambia el flujo induciendo en la bobina captora una corriente alterna pulsante que, por lo tanto es proporcional al giro de la turbina.

b.- **En el tipo inductivo** el rotor lleva incorporado un imán permanente y el campo magnético giratorio que se origina induce una corriente alterna en una bobina captora exterior.

En ambos casos, la frecuencia que genera el rotor de turbina es proporcional al caudal siendo del orden de 250 a 1200 ciclos / segundo.

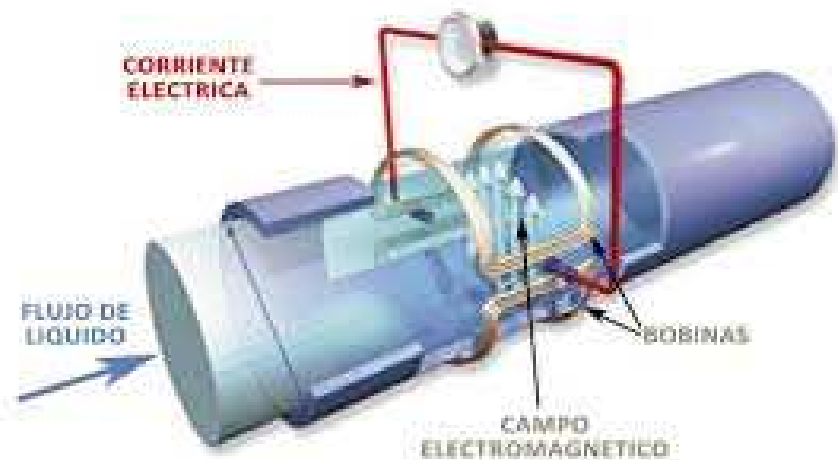
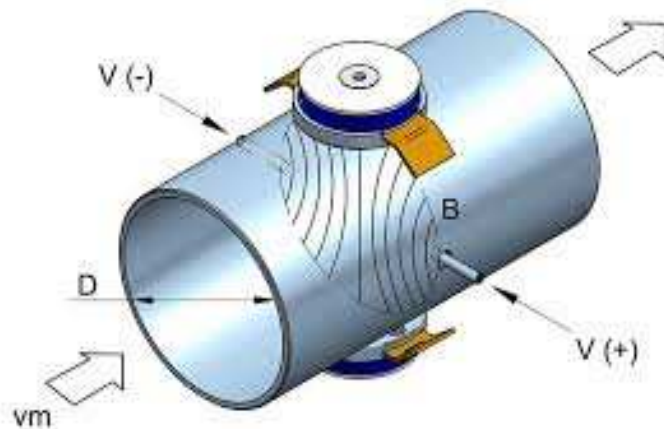


CAUDALÍMETROS VOLUMÉTRICOS INDIRECTOS – Magnéticos

En el medidor magnético, según se desprende la Figura el conductor es el líquido y E_s la señal generada en términos de tensión, esta señal es captada por los electrodos rasantes con la superficie interior del tubo y diametralmente opuestos.

<https://youtu.be/f949gpKdCI4>

Realmente la única zona del líquido en movimiento que contribuye con la mencionada FEM es la que une en línea recta a los dos electrodos, B es la densidad del campo magnético creado por medio de la bobina de campo y L , es el diámetro de la tubería y v es la velocidad del fluido a través del medidor, entonces, la fórmula de caudal que se obtiene a partir de la Ley de Faraday es la siguiente:



CAUDALÍMETROS VOLUMÉTRICOS INDIRECTOS – Magnéticos

$$E_S = K_m \cdot B \cdot L \cdot v \quad \rightarrow v = \frac{E_S}{K_m \cdot B \cdot L}$$

Siendo:

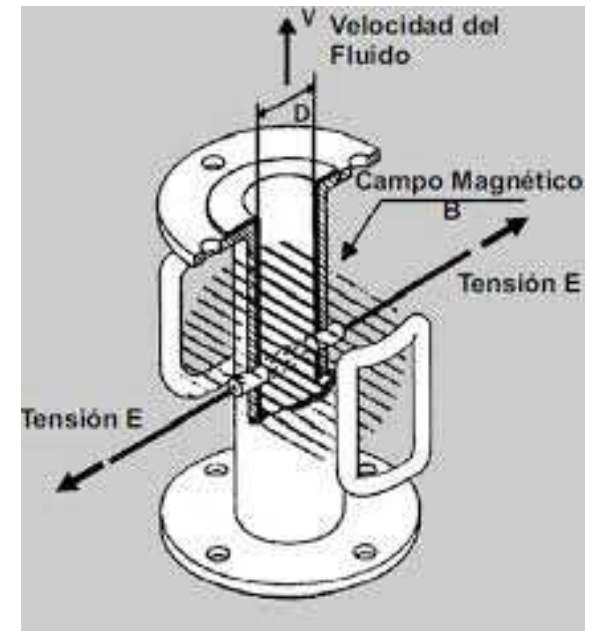
E_S = tensión generada en el conductor.

K_m = constante

B = densidad del campo magnético.

L = longitud del conductor.

v = velocidad del movimiento.



$$Q = v \cdot A = v \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad \rightarrow Q = \frac{E_S}{K_m \cdot B \cdot L} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = K \cdot \frac{E_S}{B} \cdot D$$

Donde :

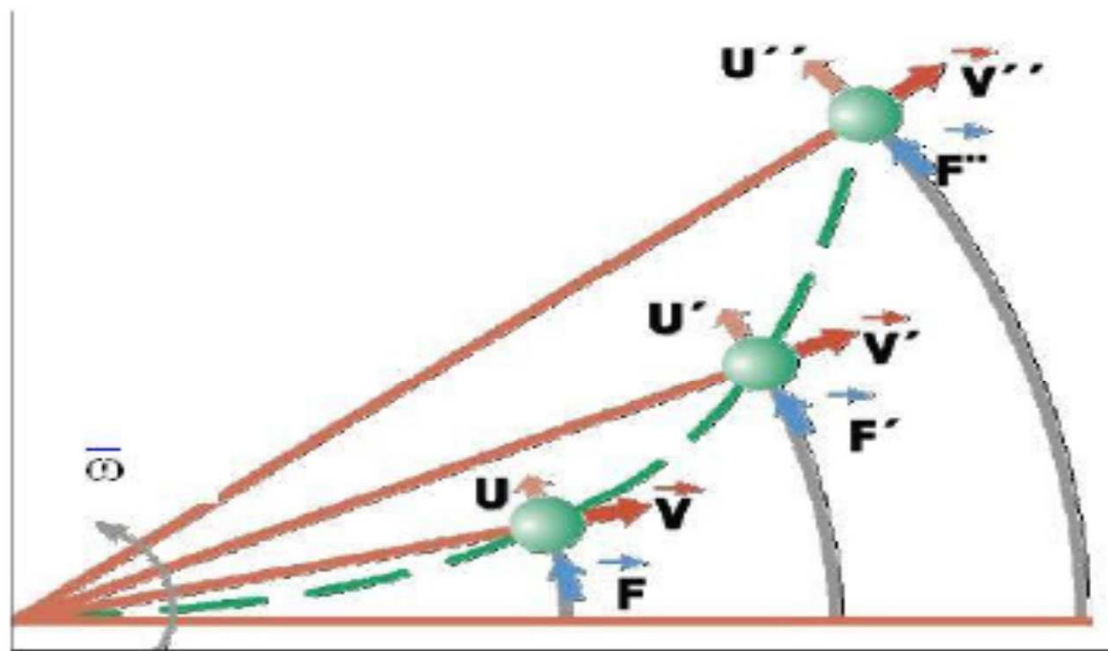
A : área de la tubería

D : diámetro de la tubería y

$$K = \frac{\pi}{4 \cdot K_m}$$

CAUDALÍMETROS MASICOS

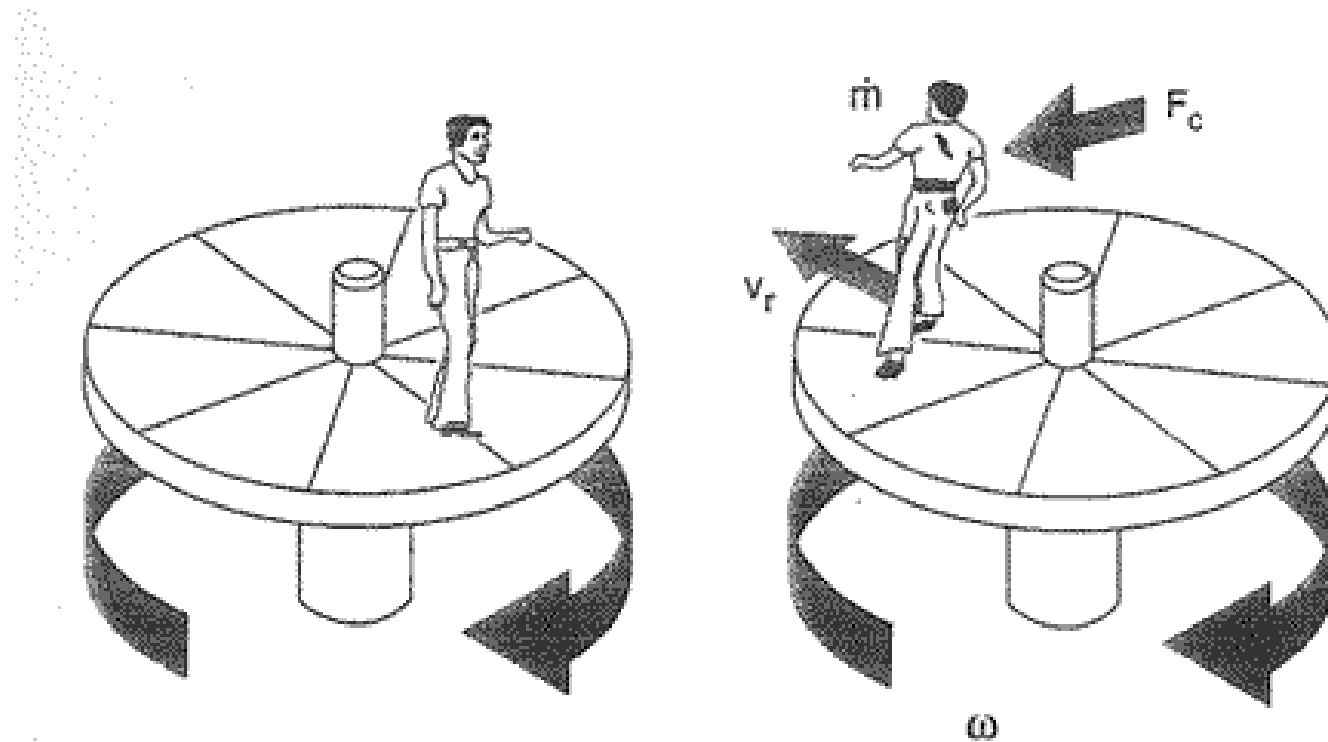
“El *medidor de Coriolis* se basa en el teorema de Coriolis, matemático francés (1795-1843) que observó que un objeto de masa m , una bola por ejemplo, que se desplaza con una velocidad lineal V a través de una superficie giratoria que gira con velocidad constante angular ω , experimenta una velocidad tangencial U (velocidad angular por radio de giro) tanto mayor cuanto mayor es su alejamiento del centro. Si el móvil se desplaza del centro hacia la periferia experimentará un aumento gradual de su velocidad tangencial, lo cual indica que se le está aplicando una aceleración y por lo tanto, una fuerza sobre su masa. Como el radio de giro va aumentando gradualmente, la velocidad tangencial también varía, con lo que se concluye que una variación de velocidad comporta una aceleración, la que a su vez es debida a una fuerza que actúa sobre la bola. Estas son, respectivamente, la aceleración y la fuerza de Coriolis”



CAUDALÍMETROS MASICOS

En términos matemáticos, el valor de la fuerza de Coriolis (F_c) es directamente proporcional a la masa en movimiento (m), a la velocidad angular de rotación (ω) y a la velocidad radial (v_r) en el sistema en rotación:

$$F_c = 2 \cdot \dot{m} \cdot \omega \cdot v_r$$



CAUDALÍMETROS MASICOS

Principio de medición de caudal por efecto Coriolis

Cada caudalímetro por efecto Coriolis dispone de uno o más tubos de medición que oscilan artificialmente a causa de un excitador. Cuando un fluido pasa por el tubo de medición, se superpone una torsión a dichas oscilaciones a causa de la inercia del fluido. Dos sensores detectan este cambio en la oscilación del tubo en tiempo y espacio como "desfase". Este desfase es una medida directa del caudal másico.

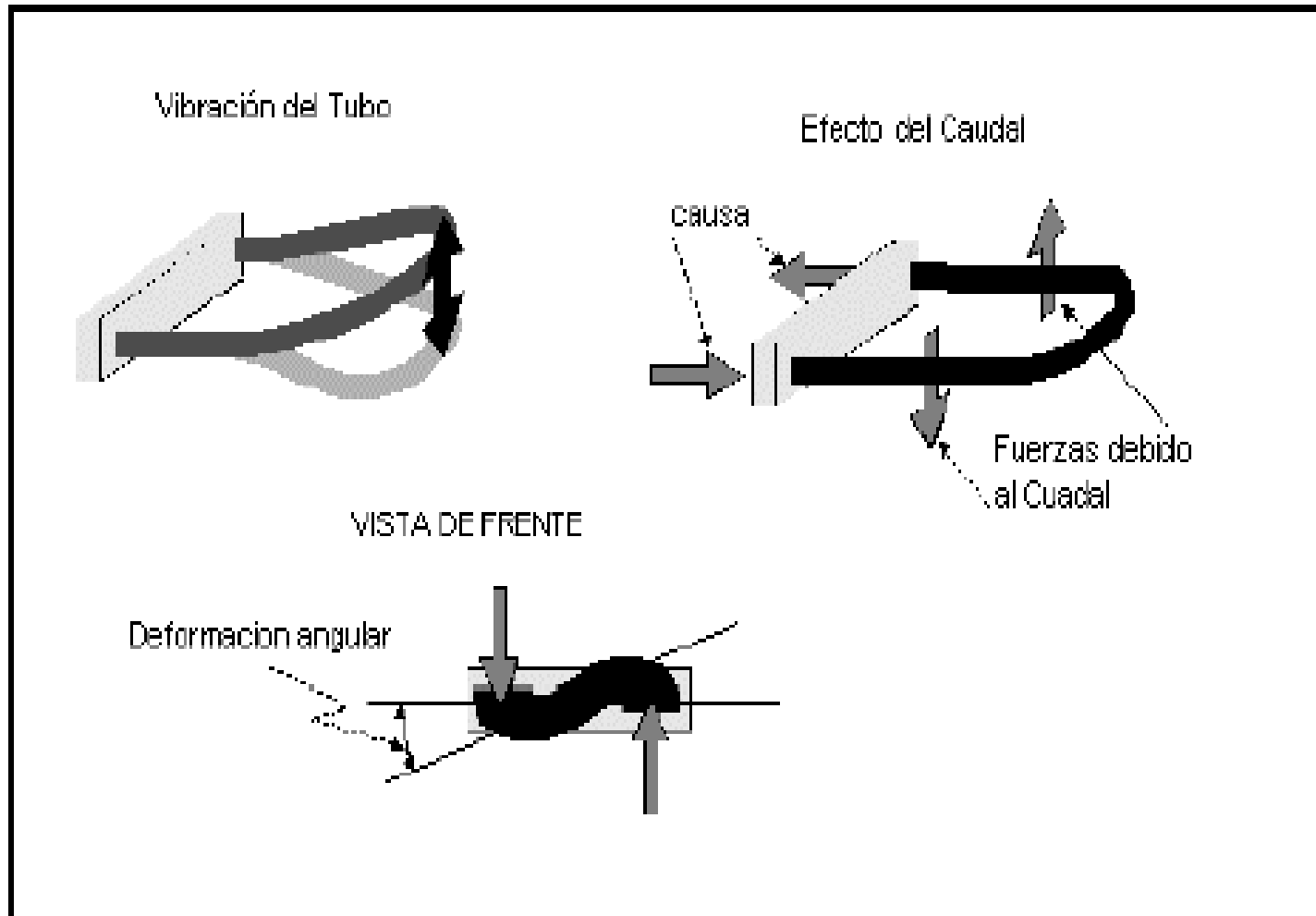
Además, la densidad de fluido también puede determinarse a partir de la frecuencia de oscilación de los tubos de medición. La temperatura del tubo de medición se registra del mismo modo para compensar las influencias térmicas. La temperatura de proceso que de aquí se deriva está disponible en una señal de salida adicional.

Ventajas

- Principio de medición universal para líquidos y gases
- Medición multivariable - medición simultánea del caudal másico, la densidad, la temperatura y la viscosidad
- Gran precisión de medición: típicamente $\pm 0,1\%$ lect.
- Principio de medición independiente de las propiedades físicas del fluido y del perfil de caudal
- No son necesarios tramos rectos de entrada/salida

CAUDALÍMETROS MASICOS

CAUDALIMETRO MASICO (POR EL PRINCIPIO DE CORIOLIS)



CAUDALÍMETROS MASICOS

La fuerza F (llamada fuerza de Coriolis) estaría expresada por:

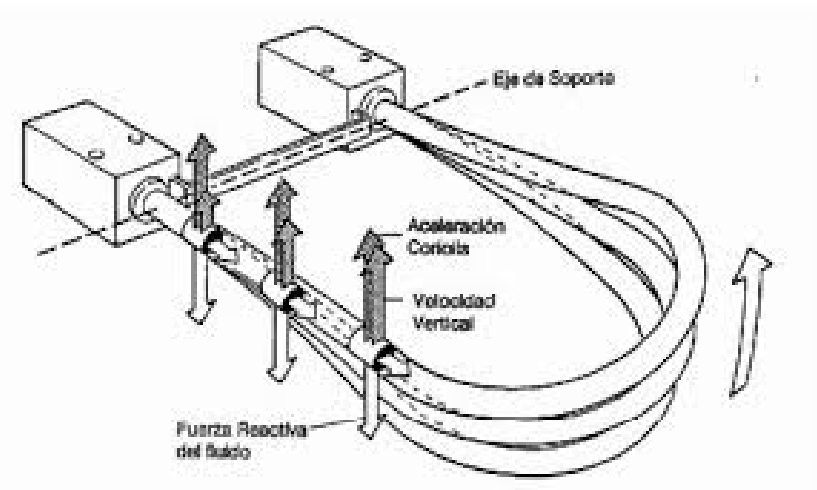
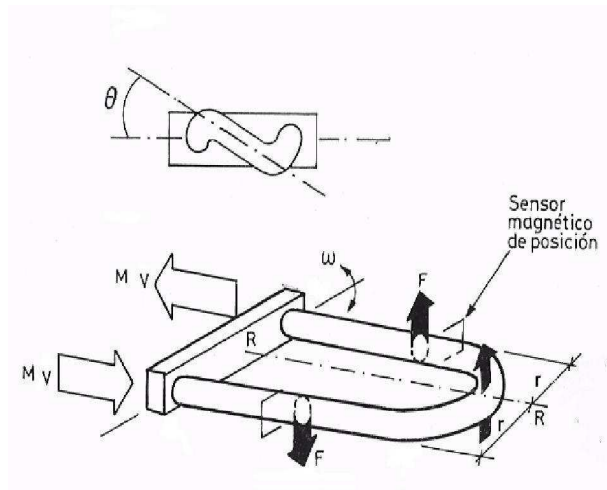
$$F = 2 \cdot m \cdot \omega \cdot v$$

Siendo:

m = masa del fluido **contenida en el tubo recto de longitud L**
en otras palabras $m = M/L$

ω = velocidad angular (vibración 80 a 100 Hz).

v = velocidad lineal del fluido, esto es $v = L/t$.



La Figura anterior da un mayor detalle de la tecnología de este medidor, comenzando por el radio r del tramo circular y el ángulo θ de torsión del tubo por efecto del par M , que sería:

$$M = 2 \cdot F \cdot r = 4 \cdot m \cdot \omega \cdot v \cdot r = 4 \cdot \omega \cdot r \cdot W$$

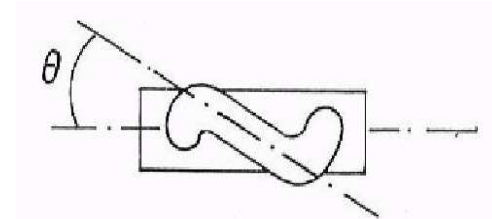
CAUDALÍMETROS MASICOS

Donde W es el caudal másico (unidad de masa / unidad de tiempo)

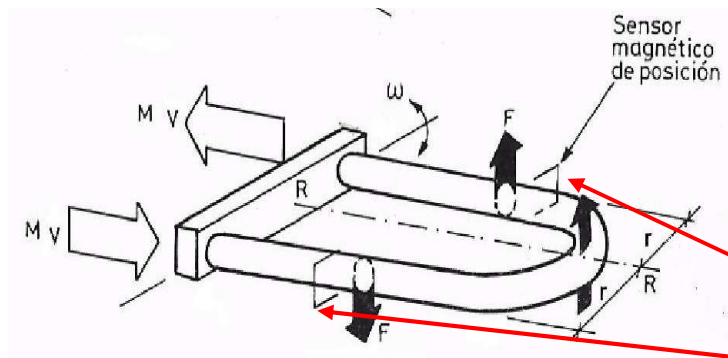
Recordar que m es la masa del fluido contenida en el tubo recto de longitud L , por lo tanto W es igual al producto de m por v .

A su vez si K_s es la constante de elasticidad del tubo y θ el ángulo de torsión, ya comentado, M estaría expresado también por:

$$M = K_s \cdot \theta$$



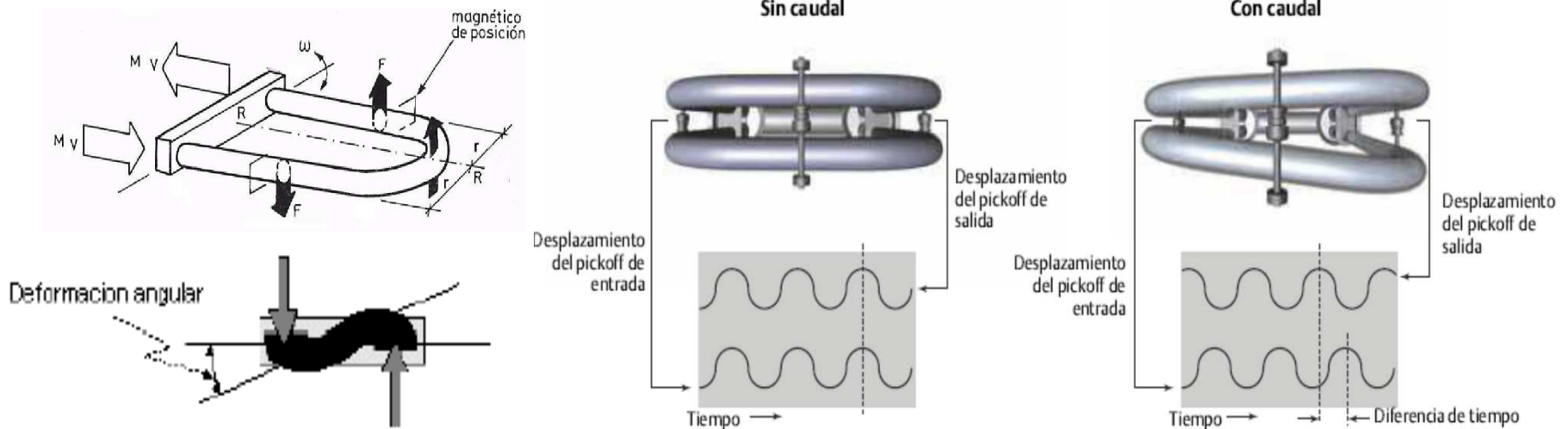
Igualando y despejando W , se tiene que:



$$W = \frac{K_s \cdot \theta}{4 \cdot \omega \cdot r}$$

En la Figura anterior se observan también **dos sensores magnéticos** que miden el ángulo de torsión θ y combinan dos intervalos de tiempo, uno del movimiento hacia abajo del tubo y el otro del movimiento hacia arriba.

CAUDALÍMETROS MASICOS



La diferencia en tiempo Δt de las señales de los sensores de posición está relacionada con θ y con la velocidad v , según :

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{v}{2 \cdot r} \cdot \Delta t$$

Como θ es pequeño, resulta que:
$$\theta = \frac{L \cdot \omega}{2 \cdot r} \cdot \Delta t$$

Combinando ahora las expresiones de W y θ , resulta:
$$W = \frac{K_s \cdot L}{8 \cdot r^2} \cdot \Delta t$$

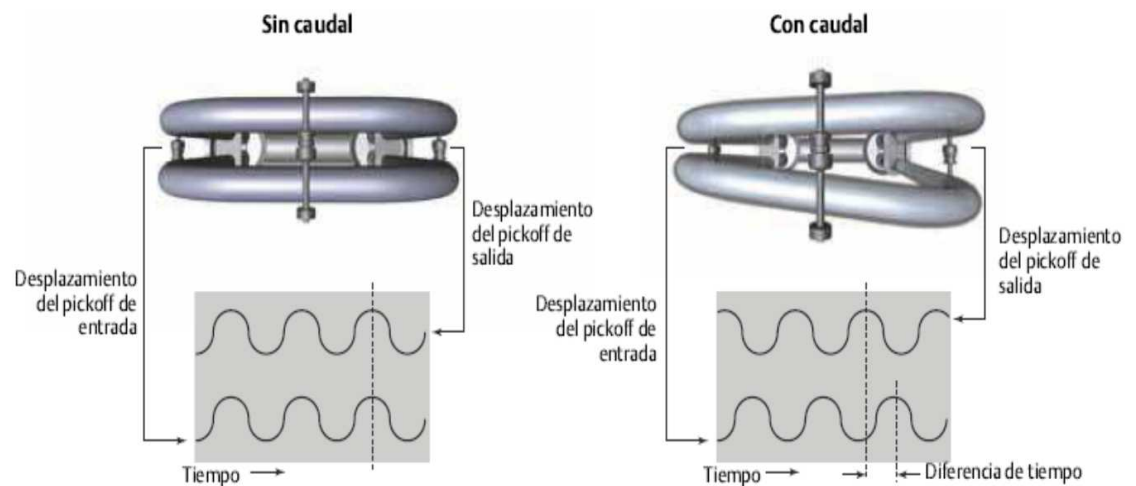
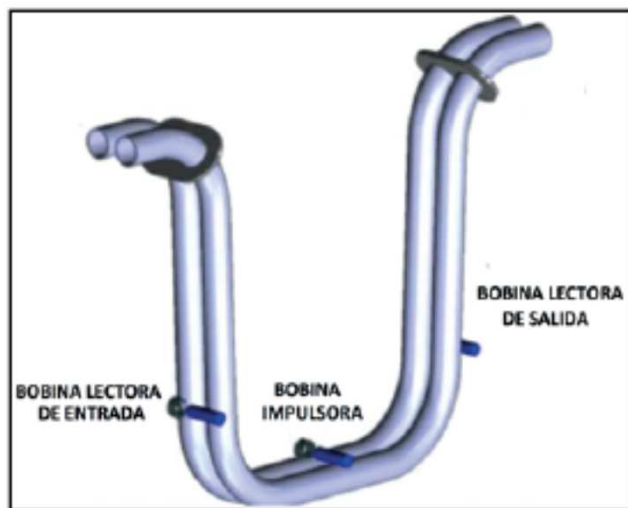
Lo que indica que el caudal másico es sólo proporcional al intervalo de tiempo y a las constantes del tubo e independiente de las vibraciones ω .

CAUDALÍMETROS MASICOS

Como la medición del ángulo es muy complicada (por la precisión), en estos caudalímetros se asocia la medición del Caudal Másico en función de la medición del tiempo (desfasaje) entre 2(dos) formas de ondas captadas por sensores independientes.

La diferencia en tiempo Δt entre las señales de los sensores de posición está relacionada con θ (deformación del tubo) y con la velocidad v (del fluido).

En la práctica, los caudalímetros másicos están compuestos por 2(dos) tubos en "U", según se muestra en la figura



Lo que indica que el caudal másico es sólo proporcional al intervalo de tiempo y a las constantes del tubo e independiente de las vibraciones ω .

<https://youtu.be/T89G4Ht09Jw>

CAUDALÍMETROS MASICOS



Ventajas:

- Su salida es lineal con el cauda másico.
- No requiere compensación por variaciones de temperatura o presión
- Es adecuado para casos de viscosidad variable
- Permite la medición de caudales másicos de líquidos difíciles de medir: adhesivos, nitrógeno líquido, etc.

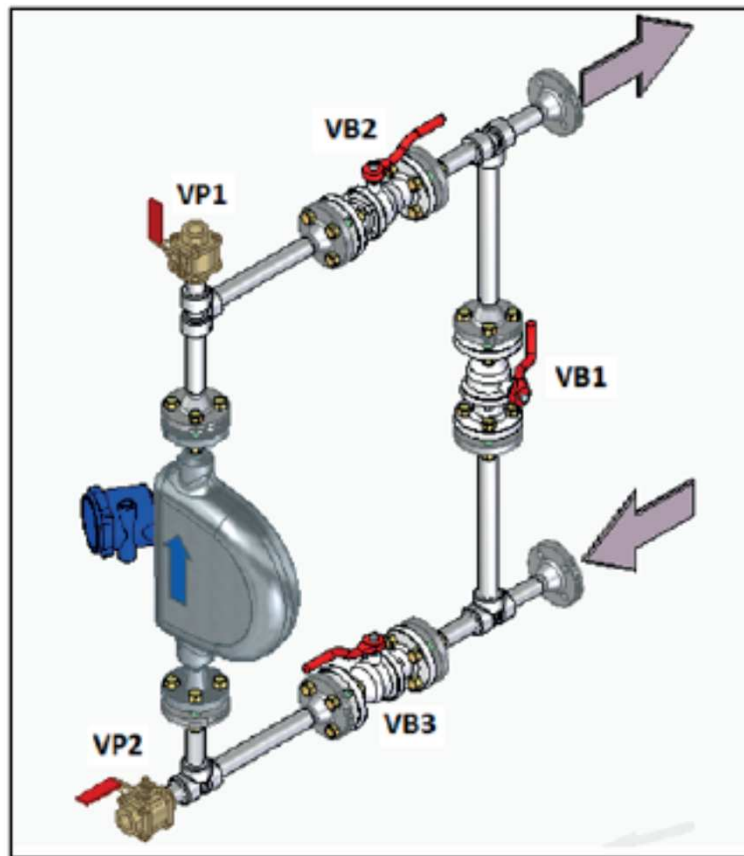
Desventajas:

- Es muy voluminoso.
- No es apto para caudales elevados.

CAUDALÍMETROS MASICOS

Montaje:

- VB1 Válvula de By-Pass del Puente
- VB2 Válvula de Bloqueo aguas arriba del Coriolis
- VB3 Válvula de Bloqueo aguas abajo del Coriolis
- VP1: Válvula de Purga Superior
- VP2: Válvula de Purga Inferior



Operación:

- VB1 Válvula de By-Pass: CERRADA
- VB2 Válvula de Bloqueo aguas arriba: ABIERTA
- VB3 Válvula de Bloqueo aguas abajo: ABIERTA
- VP1: Válvula de Purga Superior: CERRADA
- VP2: Válvula de Purga Inferior: CERRADA

Mantenimiento:

- VB1 Válvula de By-Pass: ABIERTA
- VB2 Válvula de Bloqueo aguas arriba: CERRADA
- VB3 Válvula de Bloqueo aguas abajo: CERRADA
- VP1: Válvula de Purga Superior: ABIERTA
- VP2: Válvula de Purga Inferior: ABIERTA

CAUDALÍMETROS MASICOS

