

## ELEMENTOS PRIMARIOS DE FLUJO

### INFORMACIÓN TÉCNICA

La medición exacta del flujo de fluidos (gases y líquidos), en tuberías y ductos, es de principal importancia en las modernas industrias de proceso. Sin conocer exactamente esta variable, no sería posible realizar los complejos procesos de producción de las industrias químicas, siderúrgicas, criogénicas, del petróleo, de generación de vapor y, en general, de todas las que involucran flujos de fluidos.

En esta información, hablando de flujo, nos referimos al "Flujo Instantáneo", o sea a la cantidad de fluido que está pasando en una determinada sección en la unidad de tiempo (por ejemplo: en un segundo o en un minuto).

Para efectuar esta medición, existen varios métodos que utilizan propiedades mecánicas, eléctricas y magnéticas de los fluidos. En esta información, nos referimos exclusivamente a la medición de flujo basada en los fenómenos que acompañan el movimiento de un fluido en una línea cerrada que tiene una restricción en una sección.

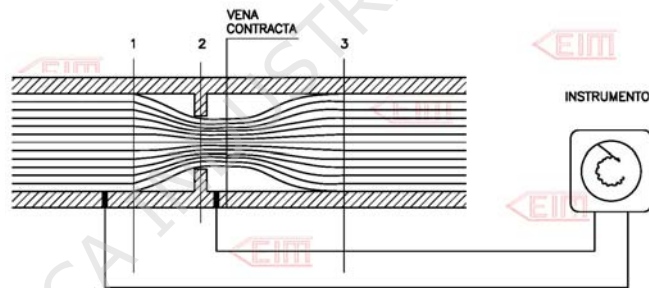


Figura 1

Consideremos el flujo constante de un fluido en una línea de sección transversal uniforme en la cual se haya colocado una restricción como se indica en la figura 1, sección 2.

Dado que el flujo es constante, el mismo número de moléculas de fluido debe pasar por todas las secciones del tubo en la unidad de tiempo. Entonces, las moléculas deben moverse con mayor velocidad en la sección 2 que en la sección 1. A este aumento de velocidad corresponde un aumento de energía cinética. Dado que la cantidad de energía total del fluido es constante, a este aumento de energía cinética, debe corresponder una disminución de energía en alguna otra forma. En los casos prácticos de flujo industrial, esta disminución de energía se presenta en forma de disminución de presión estática.

La disminución de presión estática entre las secciones 1 y 2 se denomina "Presión Diferencial". En la sección 3 de la restricción, si no se consideran los efectos de la fricción, las condiciones de flujo regresan a sus valores originales.

Por medio de la aplicación de fórmulas matemáticas derivadas de los principios físicos que rigen el flujo de fluidos e introduciendo todos los parámetros característicos del caso específico que se considera, se puede deducir el flujo instantáneo a partir de la presión diferencial.

La ecuación básica para calcular el flujo, conociendo la presión diferencial, se puede expresar, en su forma más sencilla.

$$Q = K\sqrt{h}$$

Q = Flujo

h = Presión Diferencial

K = Constante que es el producto de una serie de factores relacionados con los parámetros específicos de cada caso. (Geometría del sistema, tipo de fluido, condiciones de flujo, tipo de medidor, etc.).

La presión diferencial generada por la restricción es transmitida a un instrumento que la elabora y la convierte directamente en unidades de flujo.

Este es el principio sobre el cual se basan los medidores de flujo que utilizan una restricción en la línea para generar una presión diferencial.

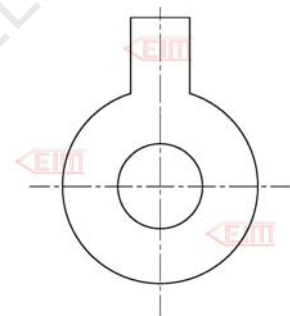
A la restricción que genera la presión diferencial se le denomina ELEMENTO PRIMARIO DE FLUJO.

### ELEMENTOS PRIMARIOS DE FLUJO

Los elementos primarios de flujo del tipo descrito, que tienen mayor aplicación en la industria son: La placa orificio, el tubo Venturi y la tobera de flujo, con todas sus variantes.

La decisión de cuál utilizar en cada caso específico depende de varios factores:

- Características del Fluido: estado, densidad, gravedad específica, viscosidad.
- Variables de Flujo: Flujo máximo, presión, temperatura, velocidad.
- Geometría del Sistema: Dimensiones de la línea, localización del elemento primario.
- Medidor utilizado: Tipo de medidor, rango de presión diferencial.



#### PLACA DE ORIFICIO CONCÉNTRICA CON ESQUINAS RECTAS

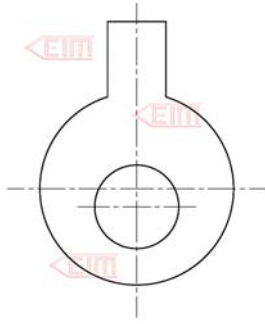
Es el elemento primario que, por su bajo costo, debería tener prioridad todas las veces que es compatible con el sistema. Está constituido por un disco metálico pulido a espejo, de espesor relativamente pequeño.

El diámetro exterior es tal que la placa pueda montarse entre los tornillos de la brida porta-placa.

Tiene una oreja con los datos de flujo grabados, que, en el montaje, sobresale de la brida.

La restricción, que se le denomina "Orificio", es circular y concéntrica con el diámetro exterior. El orificio es maquinado recto, sin chaflanes.

El diámetro del orificio se identifica en general con la letra "d" y la relación  $d/D$ , donde D es el diámetro interior de la línea, se denomina  $\beta$  "Relación Beta" .

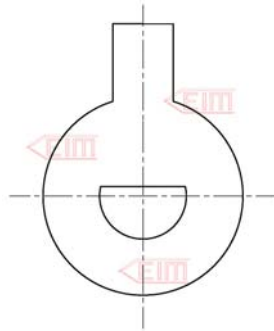


#### **PLACA DE ORIFICIO EXCÉNTRICA**

En este tipo de placa, el orificio es excéntrico respecto al diámetro exterior.

Se usa especialmente para fluidos que tienen sólidos en suspensión. Se instala en forma tal, que el borde inferior del orificio sea tangente con la superficie inferior del tubo.

En esta forma, se evita acumulación de sólidos en el lado de entrada de la Placa.

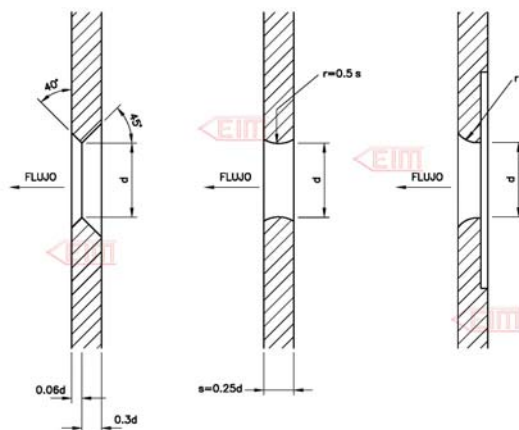


#### **PLACA DE ORIFICIO SEGMENTAL**

En este tipo de placa, el orificio está constituido por un segmento de círculo y es montada en forma tal, que la parte circular del segmento coincida con la superficie interior del tubo.

Este tipo es apropiado para flujos de gases y líquidos que contienen muchos sólidos porque previene la acumulación de sólidos en el lado de entrada.

Para tratar de balancear los efectos de las variaciones de velocidad y viscosidad en las mediciones con bajo número de Reynolds, se han desarrollado varios perfiles especiales de orificio que minimizan estos efectos:



## INSTALACIÓN DE PLACAS ORIFICIO

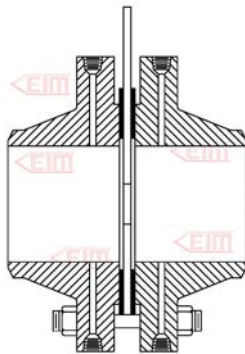
Después de la restricción representada por el orificio, normalmente el área de la corriente de fluido sigue disminuyendo hasta un valor mínimo y luego vuelve a aumentar, hasta alcanzar nuevamente el área total del tubo.

La sección donde el área de la corriente tiene su valor mínimo se denomina "Vena Contracta", (ver Fig. 1).

Este es el punto que genera la máxima presión diferencial.

De esto, se deduce la importancia que tiene la ubicación de las tomas de presión diferencial (taps), respecto a la placa.

Los métodos utilizados más frecuentemente para localizar las tomas en placas orificio son:



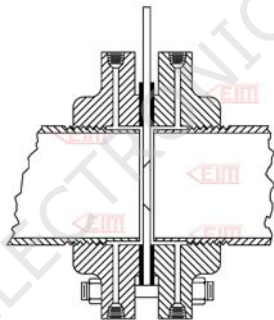
### TOMAS DE BRIDA

Las tomas de presión diferencial están localizadas a 1" de distancia, antes y después de las caras de la placa orificio.

Es aplicable a tuberías de 2" diámetro y mayores.

Como las tomas son colocadas por el mismo fabricante de las bridas, este sistema elimina posibles errores de localización en el campo.

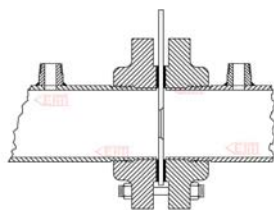
Es el método mayormente utilizado.



### TOMAS DE ESQUINA

Las tomas de presión diferencial están localizadas directamente e inmediatamente antes y después de las caras de la placa orificio.

Se utilizan en tuberías con diámetro menor de 2".



### TOMAS DE VENA CONTRACTA

Las tomas de presión diferencial están localizadas, la de alta presión a una distancia igual a 1 diámetro de tubería y la de baja presión en el punto de mínima presión estática, o sea en la sección de "Vena Contracta".

Esta localización genera el máximo de presión diferencial.

Esta última, tiene el inconveniente que las tomas se localizan en el campo con consiguiente posibilidad de errores. Es bastante usada en mediciones de flujo de vapor.

Los taladros de las tomas de presión diferencial deben tener superficies lisas, ser ligeramente redondeados en los extremos y ser rectos desde la entrada por una longitud no inferior a 2 1/2 veces el diámetro de la toma.

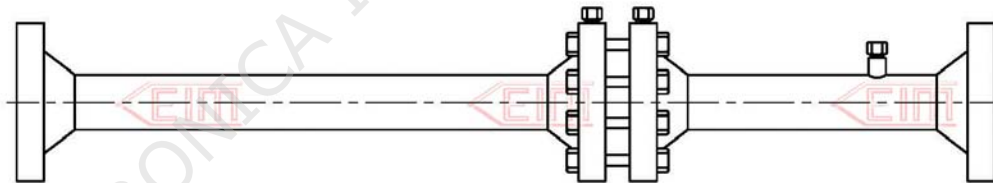
La placa orificio debe ser instalada en forma tal que la cara de la oreja grabada con los datos, mire hacia el lado donde viene el flujo (aguas arriba). Esto asegura que el perfil del orificio quede en el lado correcto. Además, la oreja debe ser alineada con las tomas de presión.

### TUBO DE MEDICION

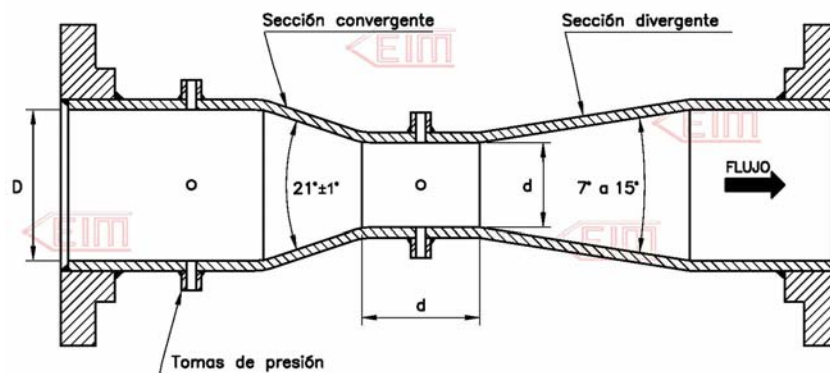
Para el máximo de precisión en la medición del flujo con placas orificio, son disponibles tubos de medición, completamente prefabricados, hechos de tubos seleccionados, con bridas y tomas de presión exactamente instaladas.

Estos tubos de medición tienen la ventaja de ser fabricados por personal especializado, en talleres bien equipados, así que, los resultados son en general más satisfactorios y a larga, más económicos de los que se obtienen con la fabricación en el campo.

El tubo de medición tiene una longitud mínima igual a 10 diámetros antes de la placa orificio y 5 diámetros después.



### TUBO VENTURI



D= diámetro interno de la tubería  
d= diámetro de la garganta



El tubo Venturi clásico, consiste en un breve tramo de tubo recto de entrada unido con un radio a un cono truncado con un ángulo de  $21^\circ \pm 1$  grado.

Este cono de entrada está a su vez unido, a través de un radio a una sección cilíndrica de diámetro menor del tubo recto de entrada.

Esta sección es la restricción del tubo Venturi y es denominada "Garganta".

La garganta sigue a través de un radio, el cono difusor de salida, con un ángulo entre 7 a 15 grados.

En algunos casos, después del cono de salida, se coloca un tramo recto del tubo.

Donde existe problema de espacio o por razones de economía, se puede conectar directamente el cono de salida a la línea.

Las tomas de presión diferencial están localizadas: las de alta presión en el tramo recto de entrada y las de baja presión en el centro de la garganta.

En algunos casos, con el objeto de promediar las presiones, las tomas son varias, distribuidas en el mismo diámetro y unidas con un anillo que se denomina "Anillo Piezométrico".

El Tubo Venturi se instala en la línea por medio de bridas o soldado.

#### Ventajas:

- Menor pérdida de presión permanente.
- Tomas integrales.
- Requiere menor longitud de tubo recto a la entrada.
- No está sujeto a obstrucciones por sólidos suspendidos en el fluido.
- Se puede usar en una tubería que no tiene bridas.
- Su coeficiente de descarga es bien conocido.

#### Desventajas:

- Es el elemento primario de mayor costo.
- Es el de mayor peso y dimensiones.

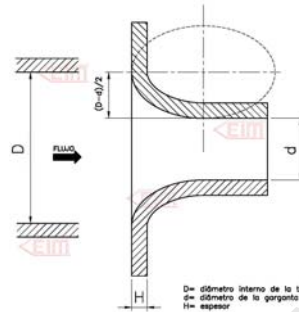
Las características arriba descritas hacen que el Tubo Venturi sea particularmente recomendable cuando el fluido contiene grandes cantidades de sólidos en suspensión y cuando es necesario tener una caída de presión muy baja.

También en el Tubo Venturi es importante observar las normas sobre el acabado de las tomas de presión descritas en un párrafo anterior, para obtener la máxima exactitud de la medición.

Del Tubo Venturi clásico, derivan varios elementos primarios de flujo, patentados, cuyas características sobresalientes son: menores dimensiones y menor pérdida

permanente de presión, respecto al Venturi clásico. En estos, mencionamos: el tubo de flujo de baja pérdida, el tubo Dall y el tubo de flujo Foster.

## TOBERA DE FLUJO



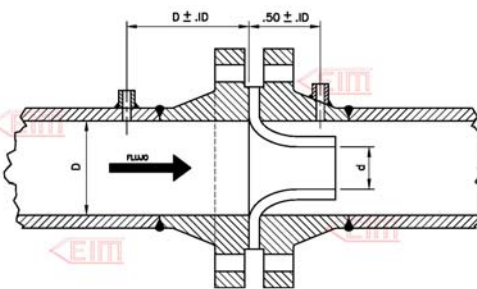
La tobera de flujo es básicamente una boquilla que se instala en la línea de flujo para reducir gradualmente su sección desde el diámetro interior del tubo hasta un tramo recto de diámetro mínimo, que es la restricción de este elemento primario y que se le denomina "Garganta".

Desde la garganta, la corriente de flujo descarga nuevamente en la línea

Como se indica en el dibujo, el perfil interior de la Tobera es elíptico.

Este perfil debe ser uniforme, gradual, y tangencial a la garganta, su superficie debe ser tersa y sin cambios bruscos de sección.

La Tobera tiene en general, un disco en el lado de entrada para montarse en la tubería entre los tornillos de las bridas porta-Tobera. Se puede también montar una Tobera soldada en la tubería.



Las tomas de presión diferencial están localizadas: la de alta presión a 1 diámetro de la cara de la Tobera donde comienza la curva elíptica y la de baja presión a 1/2 diámetro de la misma cara. La toma de baja presión cae, por lo general, en la brida porta-Tobera, así que es localizada por el mismo fabricante de la brida.



En las Toberas de Flujo es particularmente importante que las tomas de presión estén hechas con las precauciones y especificaciones indicadas en las Normas.

La Tobera de flujo tiene las siguientes ventajas:

- Puede usarse en una tubería que no tiene bridas (Tobera soldable).
- Cuesta menos que un Tubo Venturi y puede manejar las mismas capacidades.
- En comparación con una Placa Orificio: tiene mayor capacidad, es más fuerte y más resistente al desgaste.
- Es apropiada para medición de flujos a muy alta velocidad.

### PÉRDIDA Y RECUPERACIÓN DE PRESIÓN

Si las tomas de presión diferencial estuvieran, la alta a 2 1/2 diámetros antes del elemento primario y la de baja a 8 diámetros después, la lectura de presión diferencial indicaría la pérdida de presión total provocada por el elemento primario (pérdida de presión permanente).

En este caso, no habría recuperación posterior de presión.

Sin embargo, si las tomas de presión diferencial están colocadas como lo descrito en los párrafos anteriores, todos los elementos primarios tienen un cierto grado de recuperación de presión respecto a la diferencial utilizada para la medición.

La recuperación de presión es determinada por la geometría de la sección de salida después de la toma de baja presión.

La determinación de la pérdida de presión permanente puede ser importante del punto de vista económico porque afecta el costo de bombeo del fluido.

### LOCALIZACIÓN DEL ELEMENTO PRIMARIO EN LA TUBERÍA

Algunos arreglos de tubería que se encuentran en la práctica provocan alteraciones en el flujo que afectan la exactitud de la medición.

Por esta razón, se han establecido ciertas normas, que determinan las longitudes mínimas de tubo recto que se deben dejar antes y después de un elemento primario, en función de la relación  $d/D$ , expresadas en número de diámetros de tubería.

Cuando por el diseño de la instalación, es materialmente imposible cumplir con estas normas, se pueden compensar parcialmente los efectos negativos introduciendo en la tubería los enderezadores de flujo que consisten en una serie de ductos paralelos, de sección relativamente pequeña, instalados longitudinalmente en el interior de la tubería.

Estos enderezadores eliminan parcialmente la turbulencia del flujo.





**CÁLCULOS DE FLUJO**

E.I.M. puede efectuar el cálculo y el diseño de elementos primarios de flujo, sobre la base de los datos de flujo proporcionados por el cliente.

**ELECTRÓNICA INDUSTRIAL MONCLOVA, S. DE R.L. DE C.V.**  
ESPECIFICACIONES PARA PLACAS Y BRIDAS

Pedido No. : _____	Fecha: _____
Nombre del cliente : _____	

PLACA ORIFICIO	BRIDAS PORTA-PLACA
Tipo: "A" para anillo <input type="checkbox"/> "B" para brida <input type="checkbox"/>	Tipo: Welding-neck <input type="checkbox"/> Slip-on <input type="checkbox"/> Otro: _____
Estándar: ASME MFC-3M <input type="checkbox"/> ISO-5187 <input type="checkbox"/> Otro: _____	Caras: R.F. <input type="checkbox"/> R.T.J. <input type="checkbox"/> Otro: _____
Material de la placa: Inox-304 <input type="checkbox"/> Inox-316 <input type="checkbox"/> Otro: _____	Libraje: 150# <input type="checkbox"/> 300# <input type="checkbox"/> 600# <input type="checkbox"/> 900# <input type="checkbox"/>
Orificio: Concéntrico <input type="checkbox"/> Excéntrico <input type="checkbox"/> Otro: _____	1500# <input type="checkbox"/> 2500# <input type="checkbox"/> Otro: _____
Material del anillo para tipo "A": Inox-304 <input type="checkbox"/> Inox-316 <input type="checkbox"/> Ac. al carbón <input type="checkbox"/> Otro: _____	Material: A105 <input type="checkbox"/> Inox-304 <input type="checkbox"/> Inox-316 <input type="checkbox"/> Otro: _____
Esesor de placa: 1/8" <input type="checkbox"/> 1/4" <input type="checkbox"/> Otro: _____	Tomas de presión: 1/2" NPT <input type="checkbox"/> 3/4" NPT <input type="checkbox"/> Otro: _____
Tomas en: Brida <input type="checkbox"/> Esquina <input type="checkbox"/> Vena contracta <input type="checkbox"/>	Bridas incluidas: Si <input type="checkbox"/> Por otros <input type="checkbox"/>
Observaciones: _____	Observaciones: _____

DATOS DE IDENTIFICACIÓN Y CÁLCULO		
TAG:		
Servicio:		
Número de línea:		
Línea y libraje:		
Diámetro interior de línea o cédula:		
Fluido:		
Estado del fluido:		
Flujo normal:		
Flujo máximo:		
Densidad:		
Viscosidad cP:		
Temperatura base:		
Temperatura máxima:		
Presión atmosférica:		
Presión base:		
Presión máxima:		
Rango del medidor de Presión diferencial:		
Gravedad esp. base:		
Gravedad esp. operación:		
Peso molecular:		
Factor compresibilidad:		
Factor K (Cp/Cv):		
Orificio Dren/Venteo:		
NOTAS:	_____	
	_____	
	_____	