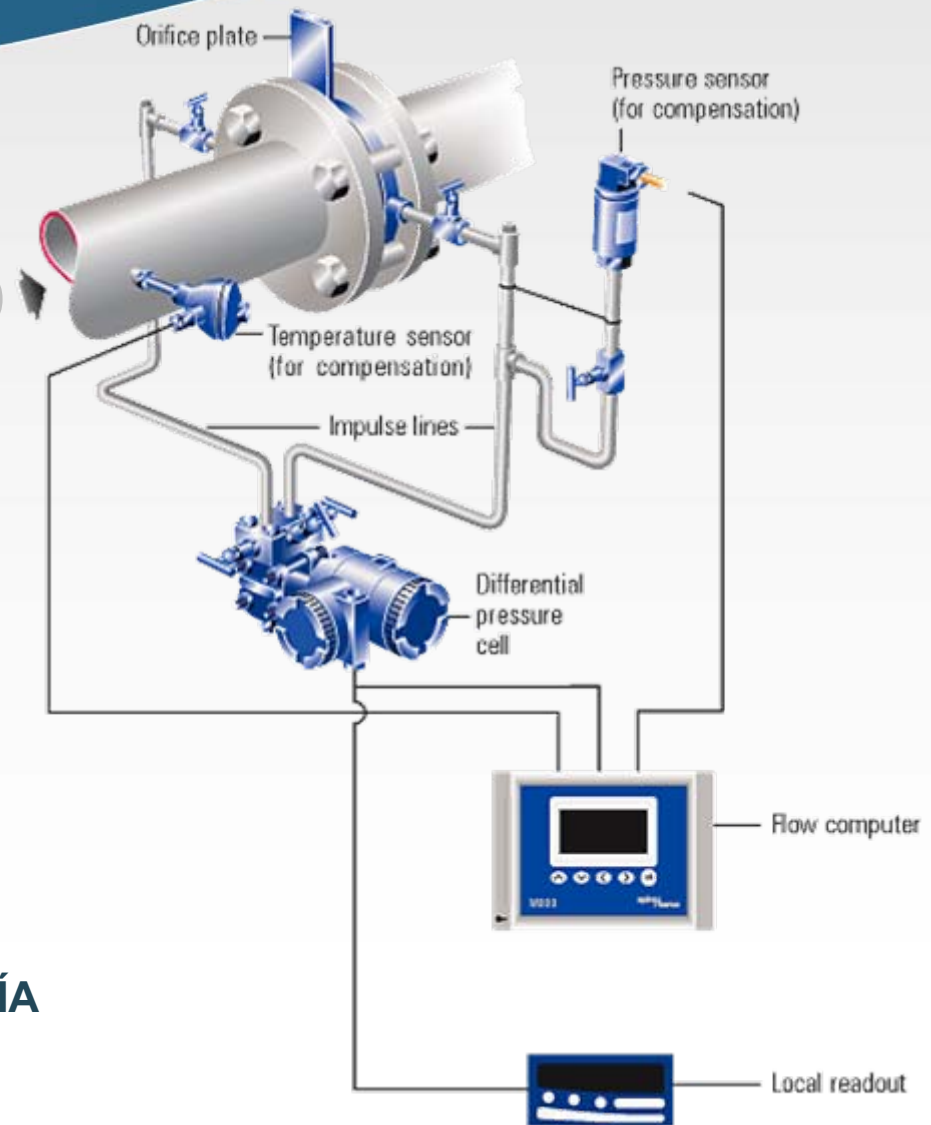


# DIMENSIONAMIENTO DE UNA PLACA ORIFICIO DE GAS



FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

Universidad Nacional de Tucumán

**Dimensionar una placa de orificio excéntrica de acero 316 SS, toma en bridas, para medir el caudal de un gas ideal en el rango 0 a 200 scfm (densidad relativa al aire: 0.63, viscosidad. 0.011 cP,  $cp/cv=1.25$ )**

**El gas fluye a una presión relativa de 15 psig y a una temperatura de 90 ° F por una cañería de acero estándar de 4 plg SCh 40**

**La caída de presión se mide con un transmisor de presión diferencial que fue calibrado en el rango 0 a 20 p.c.a. La señal de salida es 4- 20 mA**

## OBJETIVOS

- ☛ Dimensionamiento de una placa orificio excéntrica toma en bridas (d), Indicando todos los pasos seguidos
- ☛ El libro de referencia es: Flow Measurement Engineering Handbook de Miller R., Mac Graw Hill, 1983. El procedimiento para dimensionamiento de líquidos se encuentra en la página 9-62 y el de gases y vapores en 9-30

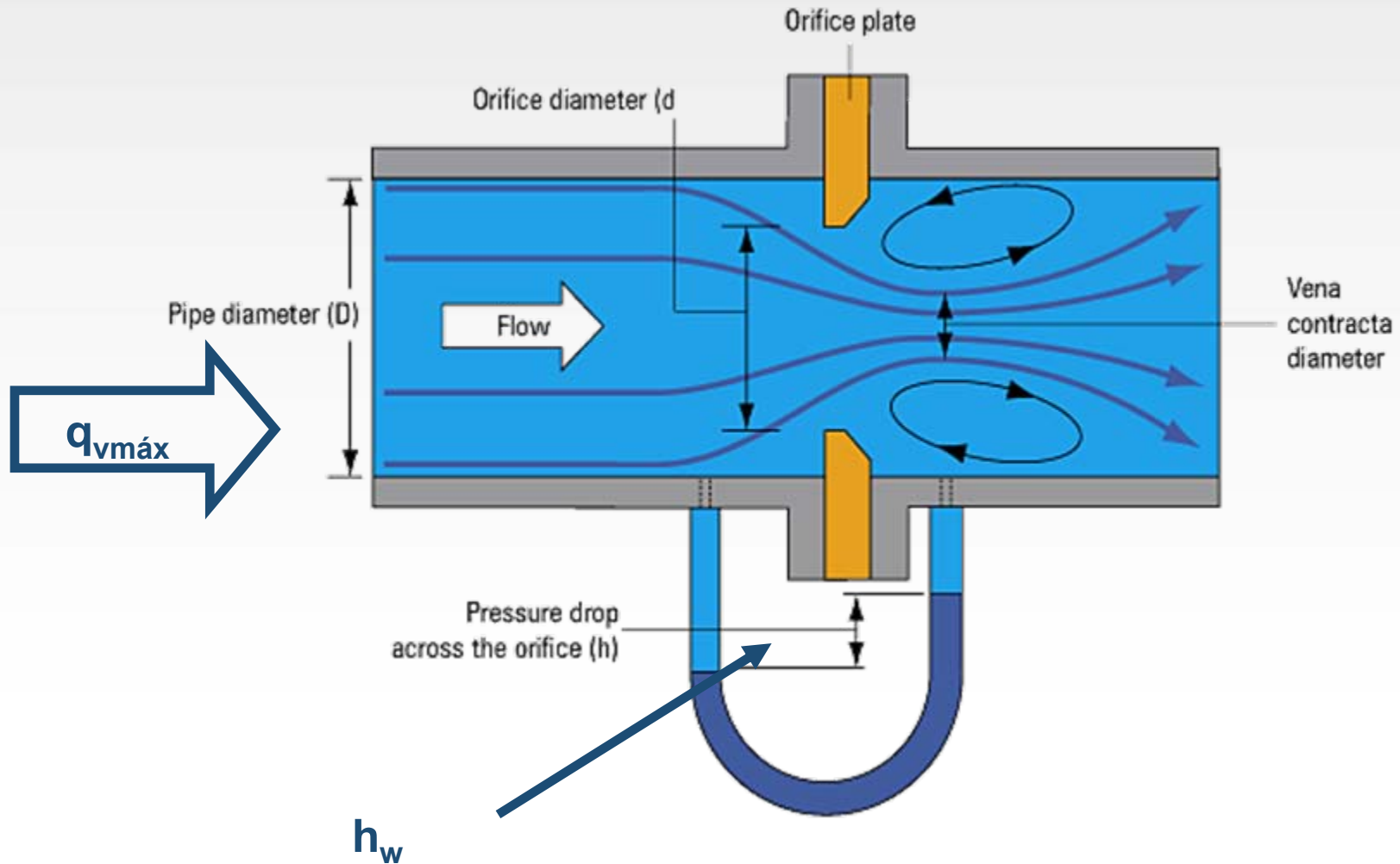
## **Paso 1: Seleccionar las condiciones de dimensionamiento :**

- **FLUJO MÁXIMO : 200 scfm (standard cubic feet minutes)**

- **Máximo Diferencial De Presión:**  
 **$\Delta P_{\text{máx}} = h_w = 20$  pulg c.a**

# INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL DE PROCESOS

## AÑO 2013



**El material del orificio y la cañería son del mismo material: acero 316 Como el caudal viene medido en condiciones estándar y con unidades inglesas eso permite seleccionar ecuación de dimensionamiento y factores a usar en la ecuación**

Se debe verificar que

$$\frac{h_w [pu \lg ca]}{p_{f1} [psia]} \leq 1$$

MÁXIMA CAÍDA DE  
PRESIÓN

PRESIÓN  
ABSOLUTA AGUAS  
ARRIBA

**En Este caso:**

$$\frac{h_w [pu\ lg\ ca]}{p_{f1} [psia]} = \frac{20}{29.7} = 0.67 \leq 1$$



**La ecuación del factor de diseño  $S_M$  teniendo en cuenta que el caudal a medir está expresado en unidades volumétricas estándar es la siguiente (Tabla 9.23):**

$$S_M = \frac{\sqrt{Z_{f1}} * \sqrt{T_{f1}} * \sqrt{G} * q_v}{N_{vPT} \cdot F_a \cdot Z_b \cdot D_i^2 \cdot \sqrt{h_w \cdot p_{f1}}} = \frac{C * Y_1}{\sqrt{1 - \beta^4}} \beta^2$$

# INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL DE PROCESOS

## AÑO 2013

|              |                                                                                                                          |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $N_{vPT}$    | Factor dimensional = 128.5171 (Tabla 9.16)                                                                               |
| $F_a$        | Factor de expansión térmica                                                                                              |
| $Z_b = 1$    | Factor de compresibilidad en las condiciones estándar (68 F y 14.7 psi)                                                  |
| $Z_{f1} = 1$ | Factor de compresibilidad en las condiciones de flujo aguas arriba de la placa. Es uno ya que se comporta como gas ideal |

|          |                                            |
|----------|--------------------------------------------|
| $T_{f1}$ | Temperatura del fluido aguas arriba<br>[R] |
| G        | Densidad específica respecto al aire       |
| $q_v$    | Caudal volumétrico en scfm                 |

$$\frac{d}{D_i}$$

|             |                                                                                     |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| $D_i$       | Diámetro de la cañería. De tabla para cañería de 4 pulg (sch 40) $D_i = 4.026$ pulg |
| $\rho_{f1}$ | Densidad del fluido aguas arriba [ $\text{lbm}/\text{ft}^3$ ]                       |
| $h_w$       | Caída de presión en in de agua en condiciones estándar                              |
| $P_{f1}$    | Presión absoluta del fluido aguas arriba en psia: [ $\text{lb}_f/\text{pulg}^2$ ]   |
| $d$         | Diámetro del orificio en [pulg]                                                     |
| $\beta$     | $\frac{d}{D_i}$                                                                     |
| $C$         | Factor de corrección del flujo real respecto al ideal                               |
| $Y_1$       | Factor de expansión del gas aguas arriba de la placa                                |

**Cálculo del factor de expansión térmica  $F_a$ :**

**Del libro R. W. Miller usamos la ecuación (en unidades inglesas):**

$$F_a = 1 + 2 \cdot \alpha \cdot (T^{\circ}\text{F} - 68^{\circ}\text{F})$$

**Al coeficiente de dilatación térmica del material de la placa y la cañería ( $\alpha$ ) se lo obtiene de tabla B – 4, apéndice B – 13 del R.W. Miller:**

**Adoptamos acero inoxidable 316 para  $70^{\circ}\text{F} \leq T \leq 600^{\circ}\text{F}$ :**

**Para  $T = 90^{\circ}\text{F} = 549.67 \text{ R}$   $\rho$   $\alpha_{\text{cañería}} = \alpha_{\text{placa orificio}} = 0,0000096 \text{ pulg/pulg}^{\circ}\text{F}$**

**Reemplazando en:  $F_a = 1 + 2 \cdot \alpha \cdot (T^{\circ}\text{F} - 68^{\circ}\text{F})$**

$$F_a = 1 + 2 \cdot 0,0000097 \text{ pulg/pulg}^{\circ}\text{F} \cdot (90^{\circ}\text{F} - 68^{\circ}\text{F})$$

$$F_a = 1,00042$$

## Escalado del caudal y caída de presión máxima a condiciones normales (80% de URV)

$$(q_v)_N = 0.8 * 200 = 160 \text{ sfcfm}$$

$$(h_w)_N = 0.8^2 * 20 = 12.8 \text{ pulg ca}$$

Se calcula SM:

$$S_M = \frac{\sqrt{Z_{fl}} * \sqrt{T_{fl}} * \sqrt{G} * (q_v)_N}{N_{v\rho p} \cdot F_a \cdot Z_b \cdot D_i^2 \cdot \sqrt{(h_w)_N \cdot p_{f1}}} = \frac{\sqrt{549.67} \sqrt{0.63}}{128.5171 * 1.00042 * 4.026^2 * \sqrt{12.8 * (15 + 14.7)}} \cdot 160$$

$$SM = 0,0735$$

**Paso 2: Calcular el NRe para las condiciones de operación (caudal = 80% del máximo) y verificar si se está dentro de las condiciones operativas (tabla 9.27 para una exactitud aproximada del 2% utilizando el método iterativo de dimensionamiento)**

**En este caso para gases  $NRe \leq 10000$**

**El NRe para flujo normalizado es, de la ecuación (g) de la tabla 9.20 (para gases en condiciones Standard ecuación**

**(I)):**

$$NRe_{N,D} = \left( 3724.200 \cdot \frac{G}{Z_b \cdot \mu_{cP} \cdot D_i \cdot N_{vp_T}} \right) \cdot (q_V)_N$$

$$NRe_{N,D} = \left( 3724.200 \cdot \frac{0.63}{0,011 \text{ cP} \cdot 4.026 \cdot 128.5171} \right) \cdot 160$$

$$NRe_{N,D} = 65957.799 \geq 10000$$

**Paso 3: Calculamos una primera aproximación de  $\beta$  que llamaremos  $\beta_0$  usando las fórmulas de la tabla 9.28: Como  $NReD, N < 200.000$ , entonces uso la ecuación de tabla 9.28 para placa orificio excéntrica y todo tipo de tomas:**

$$\beta_0 = \left[ 1 + \left( \frac{0,607}{S_M} + 0,088 \right)^2 \right]^{-1/4}$$

$$\beta_0 = \left[ 1 + \left( \frac{0,607}{0,0735} + 0,088 \right)^2 \right]^{-1/4}$$

$$\beta_0 = 0,345$$

$$d = \beta_0 * D_i = 0,34 * 4,026 = 1,37[in]$$



**Paso 4: Usando  $\beta_0$  y el  $(N_{Re})_{N,D}$  calcular el coeficiente de descarga  $C$  con la siguiente fórmula:**

$$C = C_{\infty} + b \cdot \left[ (N_{Re})_{N,D} \right]^{-n}$$

**Se emplea la información de la tabla 9.1. Si no está considerado el dispositivo en dicha tabla o se está fuera de las condiciones límite, se deberá usar la información tabular o gráfica (Handbook de R. Miller). De tabla 9.1 para placa orificio para  $D \geq 2,3$ , toma en bridas:**

**Coeficiente de descarga para  $(N_{Re})_N$  al:**

$$C_{\infty} = 0,5959 + 0,0312 \cdot \beta^{2,1} - 0,184 \cdot \beta^8 + 0,09 \cdot \frac{\beta^4}{D_i(1-\beta^4)} - 0,0337 \cdot \frac{\beta^3}{D_i}$$

$$C_{\infty} = 0,5959 + 0,0312 \cdot 0,34^{2,1} - 0,184 \cdot 0,34^8 + \frac{0,09}{4,026} \cdot \frac{0,34^4}{1 - 0,34^4} - 0,0337 \cdot \frac{0,34^3}{4,026}$$

$$C_{\infty} = 0,599$$

**Coeficiente b:**

$$b = 91,71 \cdot \beta^{2,5}$$

$$b = 91,71 \cdot 0,34^{2,5}$$

$$b = 6,182$$

## Exponente n: 0.75

$$C = 0,599 + 6,182[(N_{Re})_{N,D}]^{-0.75}$$

$$C = 0.599 + 6.182 * [65957.799]^{-0.75}$$

$$C = 0,6$$

**Paso 5: Para líquidos hacer el coeficiente de compresibilidad  $Y_1 = 1$ . Para vapores y gases calcular  $Y_1$  con el valor de  $\beta$  empleando las fórmulas de la tabla 9.26, o de gráficas (Handbook de R. Miller).**

**Como se tiene un gas**

**El factor de expansión  $Y_1$  de ecuación (c) de tabla 9.26 es:**

$$Y_1 = 1 - \left( 0,41 + 0,35 \cdot \beta^4 \right) \cdot \frac{X_1}{K}$$

$\kappa$ : coeficiente de Poisson ( $\kappa = c_p / c_v$ )       $\kappa = 1,25$

$$X_1 = \frac{(h_w)_N}{27,73 \cdot p_{f_1}} = \frac{12.8 \text{ pulg c.a.}}{27,73 \cdot 29,7 \text{ psia}} = 0,015542$$

$$Y_1 = 1 - (0,41 + 0,35 \cdot \beta^4) \cdot \frac{X_1}{K} = 1 - (0,41 + 0,35 \cdot 0,34^4) \cdot \frac{0,015542}{1,25}$$

$$Y_1 = 0,995$$

**Paso 6: Computar en nuevo valor de  $\beta$  con la fórmula:**

$$\beta = \left[ 1 + \left( \frac{C \cdot Y_1}{S_M} \right)^2 \right]^{-0,25} \Rightarrow \beta = \left[ 1 + \left( \frac{0,600 \cdot 0,995}{0,0735} \right)^2 \right]^{-0,25}$$

$$\beta = 0,349$$

**Paso 7: Comparar los valores de  $\beta_0$  y el obtenido en el paso anterior.** Como para placas excéntricas, toma en bridas la exactitud es del 2 %, se calcula el diámetro del orificio hasta que la diferencia entre dos valores sea  $\geq 2\%$ . Si la discrepancia es mayor, con el nuevo valor de  $\beta$  volver al paso 4.

Se comparan los valores de  $\beta_0$  y  $\beta$ :

$$\frac{\beta - \beta_0}{\beta_0} = \frac{0,349 - 0,345}{0,345} * 100 = 1,159\%$$

$< 2\%$  entonces  $\beta = 0.34$