



PRÁCTICA: CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE CAUDAL

OBJETIVOS

- ✓ Verificar por lo menos tres valores de la curva de calibración del rotámetro indicando los puntos correspondientes sobre el diagrama. Gráfica A : Lectura del rotámetro en función del flujo volumétrico.
- ✓ Verificar la calibración del contador de disco con la ayuda de un cronómetro.
Gráfica B : Flujo dado por el contador de disco en función del flujo dado por el rotámetro.
- ✓ Comparar la caída de presión entre el contador de disco y el rotámetro.
Gráfica C : Caída de presión para cada instrumento en función del flujo dado por el rotámetro.
- ✓ Determinar el diámetro del orificio desconocido y su porcentaje de pérdida permanente de presión.
Gráfica D-1 : Caída de presión en función de la distancia en diámetros de tubería.
Determinar la posición de la vena contracta.
Gráfica D-2 : Flujo dado por el rotámetro en función de la caída de presión máxima.
- ✓ Determinar el coeficiente de descarga del medidor de orificio conocido y el porcentaje de pérdida permanente de presión.
Gráfica E : Flujo dado por el rotámetro en función de la caída de presión máxima.
- ✓ Determinar el coeficiente de descarga del medidor Vénturi y el porcentaje de pérdida permanente de presión.
Gráfica F : Flujo dado por el rotámetro en función de la caída de presión máxima.
- ✓ Determinar las ecuaciones empíricas para el medidor de ranura y el medidor de vertedera.
Gráfica G : Flujo dado por el rotámetro en función de la altura.

PROCEDIMIENTO

1. Abrir la válvula de entrada al medidor de ranura y cerrar la válvula de entrada al medidor de vertedera.
2. La válvula By-Pass del contador de disco, lo mismo que la del rotámetro, deben estar completamente cerradas
3. Colocar la vertedera indicada por el profesor
4. Cerrar el circuito eléctrico para poner en funcionamiento la bomba y abrir lentamente la válvula que hace circular el agua a través del contador de disco. Esta válvula debe operarse siempre con lentitud para evitar movimientos bruscos del mercurio en los manómetros
5. Para diez flujos diferentes, comenzando por el valor más alto posible, tomar los datos indicados en la tabla.
6. Para terminar, cerrar lenta y totalmente la válvula utilizada para el control de flujo y suspender luego el funcionamiento de la bomba.

EQUIPO

Consta de diferentes tipos de medidores de flujo, conectados de tal manera, que el agua proveniente del tanque de almacenamiento, pasa sucesivamente a través de cada uno de ellos, cuando se someten a ensayo. Tales medidores son en su orden :

1. Contador de disco inclinado (disco de nutación). Posee un manómetro destinado a medir la caída de presión entre la entrada y la salida del instrumento.
2. Un Rotámetro, debidamente calibrado, cuyas lecturas serán la base de los cálculos en el informe. Está dotado de manómetro conectado entre la entrada y la salida del aparato.
3. Medidor de orificio de diámetro desconocido. Posee conexión para tomas de presión situada 1D antes del medidor y siete conexiones para tomas de presión situadas a 0.125D, 0.25D, 0.5D, 1D, 1.5D, 2D y 8D; después del medidor. La letra D representa el diámetro interior de la tubería.
4. Medidor de orificio de diámetro conocido. Posee conexión para tomas de presión situada 1D antes del orificio y dos después situadas a 1/3D, 8D.
5. Un medidor Vénturi con conexiones para toma de presión a la entrada, en el cuello y a 8D después del medidor.
6. Vertedera de dimensión intercambiable (1/4, 1/2, 3/4)
7. Medidor de ranura.
8. Tablero de manómetros

Datos adicionales :

Diámetro de orificio conocido : 0.584 pulgadas

Diámetro de cuello del vénturi : 0.595 pulgadas

Diámetro interior de la tubería : 0.995 pulgadas

CÁLCULOS

A. Se calculan por lo menos tres flujos recolectando agua en un recipiente y midiendo el tiempo. Los tiempos calculados así se comparan con la lectura del rotámetro colocando los puntos en rojo sobre la gráfica A .

B. Con los datos de flujo para el rotámetro y los calculados para el contador de disco se construye la gráfica B.

C. Caídas de presión en el contador de disco y el rotámetro:

Para cada instrumento, y con cada flujo se calcula la caída de presión por la fórmula :

$$\Delta P = g * \Delta Z (\rho_{\text{mercurio}} - \rho_{\text{agua}})$$

Donde,

ΔP = caída de presión en Pascales

ΔZ = Diferencia de alturas entre las columnas de mercurio, m.

g = Aceleración de la gravedad 9.8 m/s²

ρ = densidad kg/m³

En el caso del rotámetro, considerar la diferencia de alturas entre las tomas manométricas. Los datos anteriores se registran en una tabla como la siguiente:

ENSAYO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q (lt/min)										
ΔP_{cont} (Pa)										
ΔP_{rot} (Pa)										

Con los datos de la tabla anteriores se construye la gráfica C

D. Cálculo del diámetro de orificio desconocido:

Con los datos de presión tomados en cm de Hg se determina ΔP restando el valor de P_{1D} menos cada uno de los valores a 0.125, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0 y 8.0 D. Se construye una tabla como la siguiente para cada ensayo

$\Delta P = (P_{1D} - P)$ cm Hg									
Distancia (Diámetros)	0.125	0.25	0.5	1.0	1.5	2.0	2.0	2.0	8.0

Con los datos anteriores para cada ensayo se construyen las correspondientes curvas en la gráfica D-1

Utilizando cada una de las curvas de la gráfica D-1, se determina la caída de presión máxima (ΔP_{max}) para cada flujo mediante la fórmula:

$$\Delta P_{max} = g * \Delta Z_{max} * (\rho_{mercurio} - \rho_{agua})$$

donde,

ΔP = caída de presión en Pascales

ΔZ_{max} = Diferencia de altura máxima en metros de Hg, m.

g = Aceleración de la gravedad 9.8 m/s^2

ρ = densidad kg/m^3

Se convierte la lectura del rotámetro a m^3/s para cada ensayo

Los resultados anteriores se llevan en la siguiente tabla :

ENSAYO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Q (\text{m}^3 / \text{s})$										
$\Delta P_{max} (\text{Pa})$										

Utilizando la tabla anterior se construye en escala logarítmica la gráfica D-2.

Para la determinación del diámetro del orificio desconocido se utiliza la siguiente ecuación:

ρ = densidad del agua, kg/m^3

ΔP_{max} = caída de presión máxima, Pascales

$B = D_o / D$.

D_o = Diámetro del orificio, m.

D = Diámetro de la tubería, m.

$$Q = \frac{C_o A_o}{(1 - B^4)^{0.5}} (2 \Delta P_{max} / \rho)^{0.5}$$

Donde,

C_o = Coeficiente de descarga del orificio = 0.61 para Reynolds mayores a 20000.

A_o = Area de flujo en el orificio = $\pi * D_o^2 / 4$, m^2

La ecuación anterior es del tipo :

$$Q = k * (\Delta P_{max})^m$$

$$\log Q = m * \log(\Delta P_{max}) + \log k$$

Por similitud :

$$\log Q = 0.5 * \log(\Delta P_{max}) + \log \left[\frac{C_o * A_o}{(1 - \beta^4)^{0.5}} (2 / \rho)^{0.5} \right]$$

A partir de la gráfica D-2 :

m= pendiente ≈ 0.5

$$k = \text{intersección} = \frac{C_o * A_o}{(1 - \beta^4)^{0.5}} (2 / \rho)^{0.5}$$

El valor del intersección se toma directamente de la gráfica log Q vs log ΔP_{\max}

De la expresión anterior se calcula D_o

El porcentaje de pérdida permanente de presión se calcula como:

$$\frac{P_{1D} - P_{8D}}{\Delta P_{\max}} * 100$$

E. Cálculo del coeficiente de descarga del orificio conocido

Se calcula el ΔP_{\max} para cada ensayo como ($P_{1D} - P_{0.33D}$) mediante la fórmula :

$$\Delta P_{\max} = g \Delta Z_{\max} (\rho_{\text{mercurio}} - \rho_{\text{agua}})$$

donde,

ΔP_{\max} = caída de Presión, Pascales

ΔZ_{\max} = diferencia de altura máxima en metros de Hg

ρ = densidad (kg/m^3)

g = aceleración de la gravedad $9.8 \text{ m}/\text{s}^2$

Los resultados anteriores se llevan a la siguiente tabla:

ENSAYO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q (m^3 / s)										
ΔP_{\max} (Pa)										

Utilizando la tabla anterior se construye en escala logarítmica la gráfica E.

El intersección de la línea log Q vs log ΔP_{\max} es el valor de k

$$k = \text{intersección} = \frac{C_o * A_o}{(1 - \beta^4)^{0.5}} (2 / \rho)^{0.5}$$

Se despeja el valor de C_o

El porcentaje de pérdida permanente de presión se calcula como:

$$\frac{P_{1D} - P_{8D}}{P_{\max}} * 100$$

F) Cálculo del coeficiente de descarga del medidor Vénturi

Se calcula el ΔP_{\max} para cada ensayo como ($P_{\text{antes}} - P_{\text{cuello}}$) mediante la fórmula :

$$\Delta P_{\max} = g \Delta Z_{\max} (\rho_{\text{mercurio}} - \rho_{\text{agua}})$$

donde,

ΔP = caída de Presión, Pascales

ΔZ_{\max} = diferencia de altura máxima en metros de Hg

g = Aceleración de la gravedad 9.8 m/s^2

ρ = densidad (kg/m^3)

Los resultados anteriores se llevan a la siguiente tabla :

ENSAYO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Q (\text{m}^3 / \text{s})$										
$\Delta P_{\max} (\text{Pa})$										

Utilizando la tabla anterior se construye en escala logarítmica la gráfica F.

El intersepto de la línea $\log Q$ vs $\log \Delta P_{\max}$ es el valor de k

$$k = \text{intersepto} = \frac{C_v * A_v}{(1 - \beta^4)^{0.5}} (2 / \rho)^{0.5}$$

A_v = área de flujo en el cuello del Vénturi

Se despeja el valor de C_v

El porcentaje de pérdida permanente de presión se calcula como

$$\frac{P_{\text{antes}} - P_{8D}}{\Delta P_{\max}} * 100$$

G) Determinación de las ecuaciones empíricas para el medidor de ranura y la vertedera

Para cada ensayo a partir de la lectura del rotámetro se determina el flujo en litros/min

Se construye la siguiente tabla :

ENSAYO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Q (\text{lt} / \text{min})$										
$H_{\text{ranura}} (\text{cm})$										
$H_{\text{vertedera}} (\text{cm})$										

Utilizando los datos de la tabla anterior se construye el gráfico G en escala logarítmica cuyas rectas corresponden a la calibración de cada instrumento.

La forma matemática de cada una de las rectas es:

$$Q = A * H^m$$

A = Intersepto

m = pendiente

Si la determinación de A resulta difícil, por dificultarse la prolongación de la recta, se puede, una vez conocido el valor de m , hallar el valor de A reemplazando en la ecuación los valores de H y Q para un punto tomado en la gráfica

$$\log Q = m \log H + \log A$$

Las ecuaciones anteriores también pueden determinarse mediante una correlación matemática de los datos obtenidos.

TABLAS DE DATOS

INSTRUMENTO/ENSAYO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ROTÁMETRO										
CONTADOR										
RANURA										
VERTEDERO										

MEDIDOR	Medición	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CONTADOR	Entrada										
	Salida										
ROTÁMETRO	Entrada										
	Salida										
ORIFICIO DESCONOCIDO	1D antes										
	0.125 D										
	0.25 D										
	0.5 D										
	1 D										
	1.5 D										
	2 D										
	8 D										
ORIFICIO CONOCIDO	1 D antes										
	0.333 D										
	8 D										
VENTURI	Antes										
	Cuello										
	8 D										