

PRÁCTICA N°7: DESCARGA DE ORIFICIO Y TRAYECTORIA DE UN CHORRO

INTRODUCCIÓN

El teorema de Torricelli se deriva de la aplicación del principio de Bernoulli (conservación de la energía mecánica para un flujo uniforme, incompresible y sin fricción). El teorema de Torricelli establece que la velocidad de un líquido en una vasija abierta, por un orificio, es la que tendría un cuerpo cualquiera, cayendo libremente en el vacío desde el nivel del líquido hasta el centro de gravedad del orificio. Debido a factores como la viscosidad y la tensión superficial, experimentalmente la velocidad de líquido por el orificio es un poco menor al valor ideal. Esta reducción puede cuantificarse por medio de un coeficiente de velocidad. Adicionalmente, es posible determinar un coeficiente de descarga, que permite calcular el caudal que sale por el orificio con una cabeza de altura determinada.

OBJETIVOS

- ✓ Determinar la trayectoria de un chorro de agua bajo una condición de presión constante.
- ✓ Calcular los coeficientes de velocidad y descarga para dos orificios diferentes.

MARCO TEÓRICO

Coefficiente de velocidad (C_v):

El coeficiente de velocidad indica la medida en que la fricción retarda la velocidad de un chorro de fluido real. A partir de la aplicación de la Ecuación de Bernoulli (conservación de la energía mecánica para un flujo constante, incompresible sin fricción), se conoce que la velocidad ideal de salida (V_i) del orificio en la vena contracta del chorro (diámetro más estrecho) es:

$$V_i = \sqrt{2hg} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde h es la altura del fluido por encima del orificio. Sin embargo, la velocidad real (V) de salida está dada por la expresión:

$$V = C_v \sqrt{2hg} \quad \text{Ecuación 2}$$

Despreciando el efecto de la resistencia del aire, se puede suponer que la componente horizontal de la velocidad del chorro permanece constante, de modo que en el tiempo t , la distancia horizontal (X) recorrida será:

$$X = Vt \quad \text{Ecuación 3}$$

Debido a la acción de la gravedad, el fluido también adquiere una componente vertical de velocidad. Por lo tanto, después del mismo tiempo t , el chorro tendrá un desplazamiento vertical (y) dado por:

$$y = g \frac{t^2}{2} \quad \text{Ecuación 4}$$

Despejando el tiempo (t) de la Ecuación 4, reemplazando esta expresión en la Ecuación 3, y sustituyendo el término de velocidad (V) de la Ecuación 2 en la Ecuación 3 es posible obtener una expresión para el coeficiente de velocidad:

$$C_v = \frac{x}{2} \sqrt{yh} \quad \text{Ecuación 5}$$

Coeficiente de descarga (C_d):

El coeficiente de descarga es un factor característico adimensional de un orificio, que permite calcular el caudal con el que desembalsa el orificio en función del nivel del fluido en el tanque o reserva.

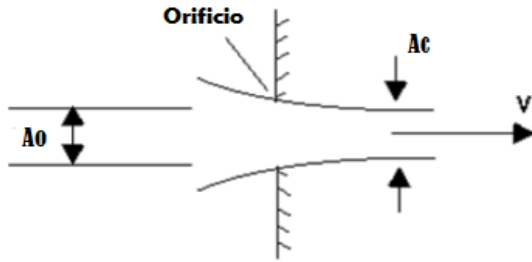


Figura 1. Orificio y vena contracta ¹

El caudal del chorro (Q_t) está dado por la siguiente ecuación:

$$Q_t = A_c V \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde A_c es el área transversal de la vena contracta:

$$A_c = C_c A_o \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

A_o = Área del orificio.

C_c = Coeficiente de contracción.

Teniendo en cuenta esto, el caudal del chorro estaría dado por la ecuación 8:

$$Q_t = C_c A_o C_v \sqrt{2gh} \quad \text{Ecuación 8}$$

El producto de $C_c C_v$ es conocido como el coeficiente de descarga C_d , por lo que finalmente la ecuación 8 puede presentarse como:

$$Q_t = C_d A_o \sqrt{2gh} \quad \text{Ecuación 9}$$

TEMAS DE CONSULTA

- ✓ Ecuación de Bernoulli
- ✓ Teorema de Torricelli
- ✓ Coeficiente de velocidad
- ✓ Coeficiente de contracción
- ✓ Coeficiente de descarga

EQUIPOS:

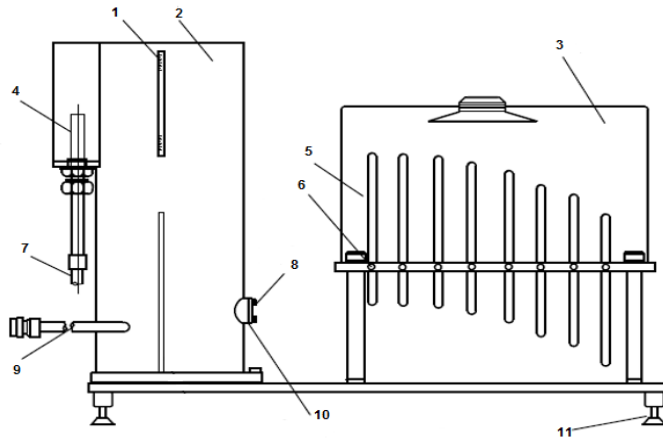
- ✓ F1-10 Banco Hidráulico.
- ✓ F1-17 Descarga de orificio (Figura 2 y 3).
- ✓ Cronómetro.
- ✓ Probeta.



Figura 2. Equipo F1-17.

¹ Armfield Ltd. Descarga de orificio - <http://discoverarmfield.com/es/products/view/f1-17/descarga-orificio>.

² Armfield Ltda. (2013). Manual de instrucciones – Orificio y trayectoria de chorro. Issue 8.



1. Escala
2. Tanque
3. Tablero
4. Rebosadero
5. Agujas
6. Tornillos
7. Tubería de salida
8. Tornillos de placa
9. Tubería de entrada
10. Placa de orificio
11. Soporte

Figura 3. F1-17 Descripción detallada ²

ACTIVIDAD A: Determinación del coeficiente de velocidad

Registrar la trayectoria de un chorro que sale por orificios de dos diámetros bajo condiciones diferentes de presión.

Procedimiento:

- 1) Nivelar el equipo F1-17, ajustando los soportes y observando el nivel de burbuja ubicado en la base de este.
- 2) Conectar la tubería de entrada al banco hidráulico F1-10 y ubicar la tubería de salida en el vertedero de excesos del mismo.
- 3) Ubicar el rebosadero de tal forma que se obtenga una cabeza de 380 [mm].
- 4) Encender el banco hidráulico y ajustar el caudal de tal forma que se obtenga un nivel constante que puede ser verificado en la escala.
- 5) Desplazar las agujas con ayuda de los tornillos de tal forma que la punta inferior quede inmediatamente arriba del chorro generado, ajustándose a su trayectoria.
- 6) Registrar las coordenadas del extremo superior de las agujas por medio de la ayuda de una hoja de papel ubicada en el tablero. Definir el eje coordenado.
- 7) Repetir el procedimiento para una cabeza de 280 [mm].
- 8) Repetir el procedimiento para el otro orificio.

³ Armfield Ltda. (2013). Manual de instrucciones – Orificio y trayectoria de chorro. Issue 8.

ACTIVIDAD B: Determinación del coeficiente de descarga

Registrar el caudal de un chorro que sale por orificios de dos diámetros distintos bajo condiciones diferentes de presión.

Procedimiento:

- 1) Nivelar el equipo F1-17, ajustando los soportes y observando el nivel de burbuja ubicado en la base de este.
- 2) Conectar la tubería de entrada al banco hidráulico F1-10 y ubicar la tubería de salida en el vertedero de excesos del mismo.
- 3) Ubicar el rebosadero de tal forma que se obtenga una cabeza de 380 [mm].
- 4) Encender el banco hidráulico y ajustar el caudal de tal forma que se obtenga un nivel constante que puede ser verificado en la escala.
- 5) Medir el caudal que sale del orificio con ayuda de la probeta y un cronómetro.
- 6) Repetir el procedimiento para diferentes valores de cabeza de altura.
- 7) Repetir el procedimiento para el otro orificio.

ANÁLISIS DE DATOS

ACTIVIDAD A: Determinación del coeficiente de velocidad

1. Graficar la trayectoria del chorro de agua (x vs y) para cada una de las series de coordenadas registradas.
2. Teniendo en cuenta el fundamento teórico usado para encontrar la Ecuación 5, realice una gráfica (x vs \sqrt{yh}) que permita conocer el coeficiente de velocidad en cada caso.
3. Obtener la trayectoria teórica del chorro y graficar en la misma hoja de la trayectoria experimental. Realizar una comparación gráfica.
4. Hallar el error entre la velocidad real y la ideal por medio de la expresión:

$$\%Error = \left[\frac{V_i - V}{V_i} \right] * 100$$

ACTIVIDAD B: Determinación del coeficiente de descarga

1. Teniendo en cuenta el fundamento teórico usado para encontrar la Ecuación 9, realice una gráfica (Q_t vs \sqrt{h}) que permita conocer el coeficiente de descarga en cada caso.
2. ¿Cómo sería el valor de C_d si el experimento se realizara bajo condiciones variables de cabeza de altura?
3. ¿En qué se puede aplicar el teorema de Torricelli en el campo de la ingeniería civil?



BIBLIOGRAFÍA:

- ✓ Y.A Cengel y J. M. Cimbala, Mecánica de fluidos: fundamentos y aplicaciones, 5° ed., Nueva York: McGraw-Hill, 2006.
- ✓ F. M. White, Fluid Mechanics, 5° Ed., Nueva York McGraw-Hill, 2006.
- ✓ Armfield, Orifice and Free Jet Flow - Manual de Instrucciones F1-17. Issue 8., Noviembre 2010.

TABLAS DE DATOS

PRÁCTICA N°7: DESCARGA DE ORIFICO Y TRAYECTORIA DE UN CHORRO

AUXILIAR: _____

FECHA: _____

GRUPO: _____ SUBGRUPO: _____

NOTA: _____

NOMBRES	CÓDIGO

ACTIVIDAD A: Determinación del coeficiente de velocidad

Diámetro del orificio: 0.3 [cm]

Diámetro del orificio: 0.6 [cm]

	Altura _____ [cm]	Altura _____ [cm]
Coordenada x [cm]	Coordenada y [cm]	Coordenada y [cm]

	Altura _____ [cm]	Altura _____ [cm]
Coordenada x [cm]	Coordenada y [cm]	Coordenada y [cm]

ACTIVIDAD B: Determinación del coeficiente de descarga

Diámetro del orificio: 3.00 [mm]

Diámetro del orificio: 6.00 [mm]

Altura [mm]	Vol [ml]	t ₁ [s]	t ₂ [s]	t ₃ [s]
380				
360				
330				
300				
270				

Altura [mm]	Vol [ml]	t ₁ [s]	t ₂ [s]	t ₃ [s]
380				
360				
330				
300				
270				