

IX

Laboratorio n.º 9.

Coeficientes de descarga (CD), velocidad (CV) y contracción (CC) en un orificio de pared delgada

9.1 Introducción

Se conoce como orificio a una cavidad circular en la pared de un recipiente por la cual circula un fluido, en este caso, la perforación circular que se realiza en la pared de la caneca, y por la cual se espera que el fluido salga del recipiente mediante el desarrollo del laboratorio. Al realizar los cálculos de las velocidades de salida de los chorros por el orificio de la caneca, se verá que estas velocidades llamadas *teóricas* serán menores a las velocidades reales de salida del chorro, esto se debe a las pérdidas por fricción que se generan en la salida del fluido, y la relación que existe entre las velocidades teóricas y las reales, a esto se le conoce como coeficiente de velocidad (C_v) (Arreaga y Mantilla, 2016, p. 14).

En la salida del chorro por la pared lateral de la caneca verá que este se contrae, esto se conoce como vena contraída, y en el área total del orificio se conoce como coeficiente de contracción (C_c)

(Arreaga y Mantilla, 2016, p. 19), el coeficiente de descarga (C_d) se determinará de la relación entre los caudales reales y teóricos.

Estos tres coeficientes son dependientes entre ellos mismos y se ven relacionados mediante un modelo matemático. Por eso, cuando la altura del fluido dentro del recipiente disminuye, al continuar con su salida por el orificio de la pared lateral, se producirá el vaciado de tanque y el tiempo de vaciado se puede determinar conociendo el área de sección del recipiente que contenía el fluido, el área del orificio lateral, la altura inicial del fluido dentro del tanque y su altura final, así como el coeficiente de descarga.

9.2 Marco teórico

Los orificios o secciones de descarga son perforaciones que se realizan en tanques, tuberías, secciones de almacenamiento, dispositivos de contención de agua, entre otros, que deben ser de formas regulares conocidas y de perímetro cerrado para generar las descargas del líquido en un caudal conocido, o determinado (Arreaga y Mantilla, 2016, p. 3).

Estas descargas se realizan libremente, sin generar ninguna fuerza dentro del movimiento del fluido, únicamente las leyes naturales, por lo que el chorro de agua producirá una trayectoria parabólica donde se ven sometidas la ley de la gravedad y la presión al interior del tanque que se descarga.

$$H = (V^2/2g)$$

Donde:

H: altura (cm, m)

V: velocidad (cm/s) (m/s) g: gravedad (m/s^2)

Se puede hallar esta ecuación empleando la propuesta por Bernoulli entre uno y dos, donde al despejar velocidad conseguiría determinar la misma ecuación teóricamente de acuerdo con la carga, pero para que se cumpla la ecuación se debe multiplicar por el coeficiente de velocidad, como se explica a continuación:

$$Vr = (Cv * 2g * H)$$

Donde:

H: altura (cm, m)

Vr: velocidad real (cm/s) (m/s) g: gravedad. (m/s²)

Cv: coeficiente de velocidad

Como la superficie se contrae el área transversal se modifica de la siguiente manera:

$$Ac = Ao * Cc$$

Donde:

Ac: área chorro (cm²) (m²)

A_o: área del orificio (cm²) (m²)

Cc: coeficiente de contracción

Y el caudal resulta ser:

$$Q = Cd * Ao * 2g * H$$

Donde:

$$Cd = Cc * Cv$$

Donde:

Q: caudal (m³/s) (cm³/s)

Cd: coeficiente de descarga A_0 : área de orificio (cm^2) (m^2) g: gravedad (m/s^2)

H: altura (cm, m)

Cc: coeficiente de contracción Cv: coeficiente de velocidad

Para encontrar una relación entre el coeficiente de velocidad y el coeficiente de contracción puede generar una conexión realizando un diagrama de cuerpo libre, utilizando la ecuación de continuidad y empleando el orificio de salida como eje del estudio.

Si la velocidad del flujo en la salida del tanque por el orificio lateral presenta variaciones, significa que la cantidad de fluido dentro del tanque está variando. Si genera una mayor velocidad el fluido dentro del tanque está en aumento, pero si la velocidad del chorro es menor, significa que el líquido dentro del recipiente está disminuyendo.

$$Q = Cd * Ao * 2g * y$$

Donde:

Q: caudal (m^3/s) (cm^3/s)

Cd: coeficiente de descarga A_0 : área del orificio (cm^2) (m^2) g: gravedad. (m/s^2) y: altura (cm, m)

9.3 Objetivos

9.3.1 Objetivo general

Determinar los diámetros de salida de flujo de una caneca con orificio lateral de diámetro conocido, dependiendo de la altura y la cantidad de agua del recipiente.

9.3.2 Objetivos específicos

- Encontrar las áreas de los diámetros del agujero en la caneca y del diámetro del chorro contraído al salir de la misma.
- Averiguar la velocidad real y teórica de descarga del agua en las canecas de ensayo.
- Hallar los caudales reales y teóricos propios del ejercicio.
- Descubrir los coeficientes de descarga, velocidad y contracción según los datos obtenidos.

9.4 Materiales

- Agua
- Caneca con orificio lateral
- Vaso de precipitado (1000 ml, 50 ml y 25 ml)
- Cronómetro
- Flexómetro
- Manguera
- Motobomba
- Pie de rey

9.5 Procedimiento

1. Tome el diámetro interno del orificio en la pared de la caneca.
2. Tome una altura en la caneca superior al orificio y la cual llamará altura uno.
3. Proceda a llenar la caneca hasta la altura que terminó en el paso anterior.

4. Coja el flexómetro y extiéndalo desde la salida del orificio a una longitud amplia.
5. Quite el tapón y cerciórese de mantener constante la altura del agua, adicionando agua, es decir, que la altura uno no varíe.
6. Mida inmediatamente el diámetro del chorro de agua, esto es, el chorro contraído.
7. Afore el caudal.
8. Mida las distancias X y Y para saber cuál es el alcance de altura de chorro respectivamente con ayuda del flexómetro.
9. Ubique la caneca en dos alturas diferentes y repita los procedimientos anteriores para cada una de estas.

9.6 Tablas

9.6.1 Tabla de coeficiente de velocidad y contracción

Coeficientes de descarga, velocidad y contracción							
Ensayo	D_o (m)	D_{CH} (m)	H (m)	t (s)	V (L)	X (m)	Y (m)
1							
2							
3							

Nota: elaboración propia.

9.7 Fórmulas

9.7.1 Área del orificio y del chorro contraído (A)

$$A = \pi r^2$$

Donde:

A: área (cm²) (m²)

r: radio (cm, m)

9.7.2 Velocidad real (V_R)

$$V_R = X \left(\frac{g}{2Y} \right)$$

Donde:

V_R: Velocidad real (m/s) X: Alcance del chorro (m) Y: distancia vertical (m) g: gravedad. (m/s²)

9.7.3 Velocidad teórica (V_T)

$$V_T = (2g h)$$

Donde:

V_T: velocidad teórica (m/s) g: gravedad (m/s²).

h: Altura piezométrica (m)

9.7.4 Caudal real (Q_R)

$$Q_R = \frac{V}{t}$$

Donde:

Q_R: caudal real (m³/s). V: volumen (m³).

t: tiempo (s).

9.7.5 Caudal teórico (Q_T)

$$Q_T = A_o (2g * h)$$

Donde:

Q_T : caudal teórico (m^3/s). A : área (m^2).

g : gravedad (m/s^2).

h : altura piezométrica (m).

9.7.6 Coeficiente de descarga (C_D)

$$C_D = \frac{Q_R}{Q_T}$$

Donde:

C_D : coeficiente de descarga Q_R : Caudal real (m^3).

Q_T : Caudal teórico (m^3).

9.7.7 Coeficiente de velocidad (C_V)

$$C_V = \frac{V_R}{V_T}$$

Donde:

C_V : Coeficiente de velocidad.

V_R : Velocidad real (m/s).

V_T : Velocidad teórica (m/s).

9.7.8 Coeficiente de contracción (C_c)

$$C_c = \frac{A_{CH}}{A_o}$$

Donde:

C_c : coeficiente de contracción

A_{CH} : área del chorro contraído (m^2). A_o : área del orificio (m^2).

9.8 Conclusiones

- Todo fluido se filtra por los orificios que le permitan una salida del recipiente que los contiene, pero, en ese proceso, se presentan pérdidas por fricción y por los coeficientes de descarga del recipiente que los contenga.
- La velocidad real de un chorro de agua que se desborda de un recipiente con orificio en alguna de sus paredes es menor a la velocidad teórica del mismo.
- El chorro a la salida del orificio se contrae y adquiere un diámetro menor al del agujero de la pared del recipiente que lo contiene, esto se conoce como *vena contraída*.

9.9 Informe de práctica de laboratorio

- El informe deberá presentar los siguientes puntos:
- Título del laboratorio
- Introducción
- Marco teórico (investigado por el estudiante)
- Objetivos (uno general y tres específicos)
- Procedimientos desarrollados
- Toma de datos
- Desarrollo de operaciones
- Entrega de la información
- Resultados del estudiante (lo que aprendió en el desarrollo del laboratorio)
- Conclusiones
- Bibliografía

