



Laboratorio
de Hidráulica
Ing. David
Hernández Huéramo



Dr. Juan Pablo Molina Aguilar • Ing. Jorge Leonel Angel Hurtado • M. I. Jesús Martín Caballero Ulaje

Revisión 2023

NOMBRE DE LA PRÁCTICA

AFORO DE CAUDAL EMPLEANDO VERTEDORES

OBJETIVO (S)

Una vez desarrollada la práctica, orientada a visualizar, medir y comprender, el alumno será capaz de:

1. Identificar las distintas geometrías usadas en la estructura hidráulica, llamada vertedor, que son utilizadas para la medición de caudal en canales.
2. Comprender las características y funcionamiento hidráulico de un vertedor.
3. Determinar experimentalmente el coeficiente de descarga del vertedor aforado en la práctica.

ENCUADRE TEÓRICO

Un vertedor es un dique, muro o pared que intercepta a la corriente causando una sobre elevación del nivel del agua, obligando a la corriente a converger y fluir por una determinada escotadura, la cual puede ser de sección rectangular, triangular, trapezoidal (rectangular + triangular), circular, parabólica y proporcional. Para determinar el caudal que puede fluir a través de él se puede considerar un vertedor rectangular de pared delgada como el que se muestra en la Figura 1.1.

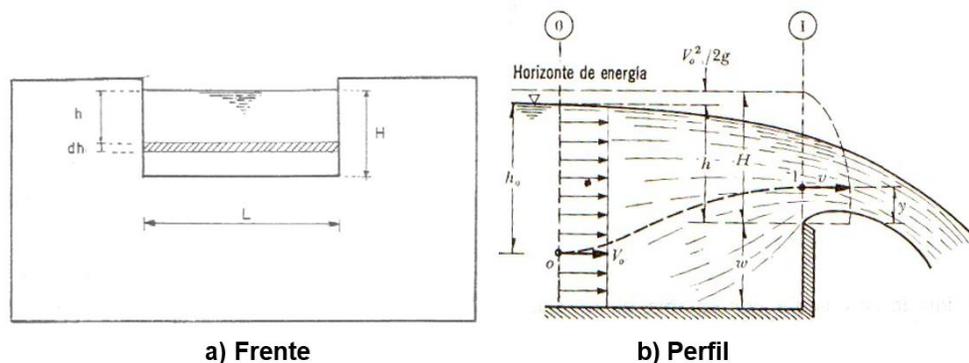


Figura 1.1 Funcionamiento de un vertedor.

Al considerar un elemento diferencial dh con longitud L y si se considera que funcionará como un orificio con carga h , el gasto diferencial dQ que se tendría es:

$$dQ = L\sqrt{2gh} dh$$

Donde:

dQ = Gasto (caudal) diferencial descargado por el vertedor [m^3/s]

L = Longitud del vertedor [m]

g = Aceleración de la gravedad [9.81 m/s^2]

h = Carga sobre el vertedor [m]

dh = Diferencial de carga sobre el vertedor [m]

Integrando desde el umbral inferior del vertedor, hasta la altura H , se tendría el gasto total:

$$Q = \frac{2}{3} L \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}}$$

Donde:

H = Altura total de la carga sobre el vertedor [m]

Que es la ecuación teórica para vertedores rectangulares, sin embargo debido al cambio de dirección de las partículas líquidas a la llegada a la escotadura del vertedor, tanto horizontal como vertical y al paso del flujo sobre la cresta se tiene una pérdida de energía, dando como resultado que el gasto real sea menor al teórico, por lo que este efecto se toma en cuenta por medio de un coeficiente de corrección, denominado coeficiente de gasto (μ), siendo entonces la ecuación del gasto a través del vertedor la siguiente:

$$Q = \frac{2}{3} \mu L \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}}$$

Siendo común agrupar los valores constantes de un tipo de vertedor en un solo coeficiente de descarga C_d , quedando finalmente la fórmula de un vertedor rectangular de la siguiente forma:

$$Q = C_d L H^{\frac{3}{2}}$$

En el caso que la escotadura fuera en forma triangular simétrica con respecto al eje vertical y con ángulo ϑ en el vértice, se tiene que para una fracción diferencial a una profundidad h y con longitud x , tal y como se muestra en la Figura 1.2

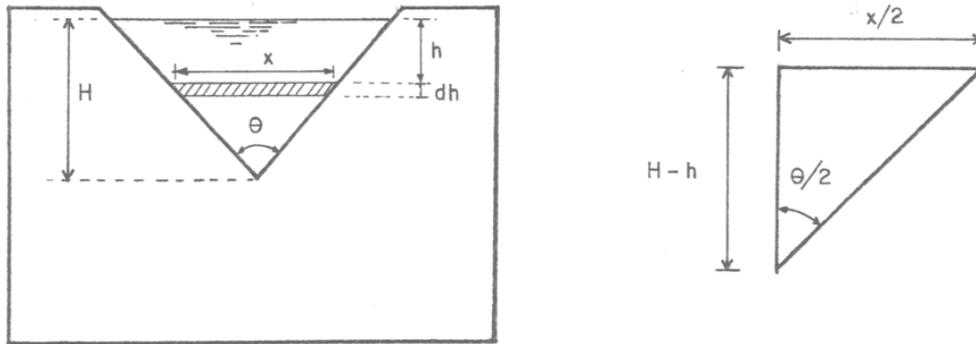


Figura 1.2 Definición de dimensiones de un vertedor triangular.

De acuerdo con las definiciones mostradas en la Figura 1.2, se deduce el diferencial de caudal de la siguiente manera:

$$dQ = x\sqrt{2gh} dh$$

Donde:

x = Ancho de superficie libre del agua asociada a una altura sobre el vertedor [m]

La longitud x está en función de θ y de la altura $H - h$ de la fracción diferencial sobre el vértice, lo que se puede escribir de la siguiente forma:

$$\frac{x}{2} = y \tan\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

Sustituyendo la definición de la superficie libre en función del ángulo de la escotadura en la ecuación del diferencial del caudal, para después integrar considerando desde el límite inferior, que sería el vértice, hasta el límite superior " H " e introduciendo el coeficiente de descarga, el gasto real se podría calcular de la siguiente forma:

$$Q = \frac{8}{15} \mu \sqrt{2g} \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) H^{\frac{5}{2}}$$

Conforme a lo anterior se puede concluir que la ecuación general para cualquier tipo de vertedor es:

$$Q = C_d H^n$$

EQUIPO O DISPOSITIVO

Banco hidráulico

MATERIALES

- Placas con distintas geometrías de vertedores
- Probeta graduada de 500 ml
- Cronómetro

PROCEDIMIENTO

La práctica se desarrollará en una etapa, acorde con la siguiente secuencia de pasos:

Etapa I.

1. En el banco hidráulico se instala una de las placas, y se pone a funcionar el dispositivo, verificando que el agua en el tanque del banco cuente con un nivel constante.
2. Se deja pasar agua hasta que llegue a la altura de la cresta del vertedor, con la finalidad de tomar la altura inicial con la regla que se encuentra en el recipiente tranquilizador, este valor se consigna en la tabla como altura del umbral.
3. Se abre la llave del banco hidráulico para dejar pasar un determinado caudal.
4. Esperar a que se establezca el flujo y por medio de la regla se mide la carga sobre el vertedor. Una vez que se tenga la información anterior se procede a determinar el volumen que pasa por el vertedor en un determinado tiempo, calculando el gasto y consignando los resultados en la Tabla 1.1.
5. Se varía el gasto en el dispositivo al maniobrar la llave del banco hidráulico y se repite el paso 4, procediendo posteriormente a variar nuevamente el gasto hasta tener resultados de cuando menos 5 caudales diferentes.
6. Conforme a los valores encontrados, se procede a calcular el coeficiente de gasto al comparar los gastos teórico y aforado, procediendo finalmente a calcular el coeficiente de descarga, consignando los resultados en la Tabla 1.1.

REGISTRO DE MEDICIONES

ETAPA 1

Tabla 1.1

Longitud de la cresta vertedora: _____ m (aplica sólo para vertedores rectangulares o trapeciales)

Altura a nivel de la cresta: _____ m

Ángulo del triángulo vertedor: _____ ° (aplica sólo para vertedores triangulares y trapeciales)

	(1) H (m)	(2) Vol. (m³)	(3) t (s)	(4) Q_v (m³/s)	(5) Q_T (m³/s)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

ACTIVIDADES

ETAPA 1

1. Grafica en una hoja de cálculo de Excel los valores de H y Q, como variables independiente y dependiente respectivamente. Selecciona la serie de datos graficados y agrega una curva de tendencia potencial, activando las opciones de presentar ecuación y el valor de R^2 en el gráfico, y de la ecuación así obtenida, de la forma $Q = C_d H^n$, así como de la forma general para un vertedor triangular, calcula el valor de μ .
2. Compara el valor obtenido del cálculo anterior con el sugerido por la bibliografía y comenta las causas de las posibles diferencias.

INSTRUCCIONES

1. Realice un ajuste de los datos de la tabla 1.1 a una línea de tendencia.
2. Determine el valor del coeficiente de gasto (μ) del vertedor a partir del ajuste.

Laboratorio de Hidraulica Ciclo 24_25 SS