



Código: DO-VI-F-628

Versión: 02

Emisión: 01/03/2019

Página 1 de 4

<b>NOMBRE DE LA PRÁCTICA</b>	<b>Práctica No.</b>
<b>Elementos Geométricos e Hidráulicos de los Canales</b>	<b>1</b>

Fecha de la practica	
Laboratorio ó Área de la practica	Laboratorio de Hidráulica
Espacio académico	Hidráulica
Facultad o Unidad	Ingeniería Civil
Nombre del docente o instructor	

Grupo:	Número total de estudiantes :	Número de subgrupos para la práctica:
--------	-------------------------------	---------------------------------------

Hora de inicio:	Hora de salida:
-----------------	-----------------

Espacio de Carácter:	Académico		Teórico		Teórico - práctico		Práctico	
----------------------	-----------	--	---------	--	--------------------	--	----------	--

Metodología del espacio académico	Presencial	X	Virtual		Distancia	
-----------------------------------	------------	---	---------	--	-----------	--

**MATERIALES - REACTIVOS - EQUIPOS**

<b>Reactivo</b>	<b>Concentración</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>

<b>Materiales y Consumibles</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>

<b>Equipos y Accesorios</b>	<b>unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Canal Hidráulico	UND	1
Flexometro	UND	1
Nivel de Precisión		




**MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES**

Elementos	Unidad	Cantidad
Cronometro	UND	1/Cada Grupo

**MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS**

Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.

Elementos	señalar si el estudiante lo requiere
Guantes de carnaza	
Tapabocas desechable	
Protector auditivo	
Casco de seguridad	
Otros:	

**OBJETIVOS**

**General:**

Conocer y analizar los elementos geométricos hidráulicos de un canal.

**Específicos:**

- Determinar el tirante o calado, sección viva, perímetro mojado, radio hidráulico, área, ancho superficial y la profundidad hidráulica de un canal de sección regular e irregular.
- Clasificar el régimen de flujo hidráulico en un canal.
- Cuantificar la pendiente solera o base del canal.

**CONOCIMIENTOS PREVIOS**

Los elementos geométricos son propiedades de una sección de canal que pueden ser definidos por completo por la geometría de la sección y la profundidad de flujo. Estos elementos son muy importantes y se utilizan con amplitud en el cálculo de flujo.

Para secciones de canal regulares y simples, los elementos geométricos pueden expresarse matemáticamente en términos de la profundidad de flujo y de otras dimensiones de la sección. Para secciones complicadas y secciones de



corrientes naturales, sin embargo, no se puede escribir una ecuación simple para expresar estos elementos, pero pueden prepararse curvas que representen la relación entre estos elementos y la profundidad de flujo para uso en cálculos hidráulicos. La forma más conocida de la sección transversal de un canal es la trapezoidal, como la que se muestra en la Figura a continuación.

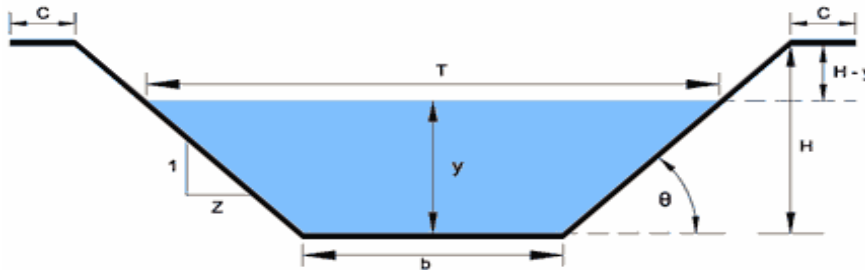


FIGURA 3-3 Elementos geométricos de la sección transversal de un canal.

y: Tirante de agua, altura que el agua adquiere en la sección transversal.

b: Base del canal o ancho de solera.

T: Espejo de agua o superficie libre de agua.

H: Profundidad total del canal.

H-y: Borde libre.

C: Ancho de corona.

$\theta$ : Ángulo de inclinación de las paredes laterales con la horizontal.

Propiedades físico-hidráulicas de los canales abiertos: Un canal es un conducto natural o artificial por donde fluye un líquido valiéndose únicamente de la acción de la fuerza de gravedad. Se caracteriza por presentar una superficie libre expuesta a presión atmosférica.

Características físico-hidráulicas de un canal:

- Área hidráulica, A: Se refiere siempre a la de la sección transversal ocupada por el flujo en un canal,  $m^2$ .
- Perímetro mojado, P: Es la longitud de la línea de contacto entre el agua y la superficie mojada del canal, m.
- Profundidad del flujo o Tirante hidráulico, y: Es la distancia vertical a la plantilla, medida desde la superficie libre del agua al punto más bajo de la sección transversal.
- Ancho de la superficie libre o Espejo, T: Es el ancho de la sección del canal, medido al nivel de la superficie libre, m.
- Profundidad hidráulica o Tirante medio, D: Es la relación entre el área hidráulica y el ancho de la superficie libre, m.
- Radio hidráulico, R: Es el parámetro utilizado para medir el efecto de la forma del canal y es el cociente del área hidráulica y su perímetro mojado, m.
- Talud, z: Es la inclinación de las paredes de la sección transversal y corresponde a la distancia horizontal z recorrida desde un punto sobre la pared, para ascender la unidad de longitud a otro punto sobre la misma, generalmente se expresa 1: z.
- Factor de sección para el cálculo de flujo uniforme: Es el producto del área hidráulica y el radio hidráulico elevado a la potencia  $2/3$ .
- Factor de sección para el cálculo de régimen crítico, Z, es el producto del área hidráulica y la raíz cuadrada de la profundidad hidráulica



### METODOLOGÍA

- Se tomarán las medidas y realizarán los cálculos de cada variable para caudales de ensayo diferente, este procedimiento se realizará tanto aguas arriba del vertedero como aguas abajo.
- Se estimará la velocidad del fluido a partir del caudal y la sección viva.
- Para el cálculo de los parámetros geométricos del canal planteados en el objetivo específico uno, seguir lo visto en clase.
- Se obtendrá el número de Froude y se discutirán los resultados obtenidos.
- Para clasificar el régimen de flujo hidráulico en un canal, se puede utilizar el número de Froude.
- El calado o tirante medio en un canal rectangular puede ser calculado por la relación entre la sección viva y la anchura de la superficie libre.

### REPORTE DE RESULTADOS

Indicar nombre, objetivos y descripción detallada de la práctica.

Justifique la importancia de la práctica.

Revisión bibliográfica

Descripción de la metodología empleada.

Calcular los elementos geométricos e hidráulicos del canal estudiado.

Analice, concluya y de recomendaciones.

Bibliografía.

**NOTA: Presentar el informe en normas APA, con sus respectivas referencias. Recuerde que si no asistió a la toma de datos del laboratorio no podrá presentar el informe y la respectiva nota será de 0,0.**

### FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- Chanson, Hubert. The hydraulics of open channels flow: an introduction. Elsevier Butterworth-Heinemann. 2004.
- Chow, V.T. Open Channel Hydraulics. McGraw-Hill International. 1973
- Finemore, E. John y Franzini, Joseph. Fluid Mechanics With Engineering Applications. McGraw-Hill Science. 2001.
- Hager, W. Experiments on standard spillway flow. Proceedings of the institution of Civil Engineers. London, Part 2, 399-416.
- Marbello, Ramiro. *Manual de prácticas laboratorio de hidráulica*. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. 2006.
- Sturm, Terry. Open Channel Hydraulics. Segunda Edición. McGraw-Hill. 2010
- Unidad de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas. Resalto Hidráulico y su aplicación en la corrección de torrentes. 2010
- U.S. Bureau of Reclamation, Research Studies on Stilling Basins, Energy Dissipators, and Associated Appurtenances, Hydraul. Lab. Rept. Hyd-399, 1955.



Código: DO-VI-F-628

Versión: 02

Emisión: 01/03/2019

Página 1 de 4

NOMBRE DE LA PRÁCTICA		Práctica No.
Perdida por Accesorios		2

Fecha de la practica	
Laboratorio ó Área de la practica	Laboratorio de Hidráulica
Espacio académico	Hidráulica
Facultad o Unidad	Ingeniería Civil
Nombre del docente o instructor	

Grupo:	Número total de estudiantes :	Número de subgrupos para la práctica:
--------	-------------------------------	---------------------------------------

Hora de inicio:	Hora de salida:
-----------------	-----------------

Espacio de Carácter:	Académico		Teórico		Teórico - práctico		Práctico	
----------------------	-----------	--	---------	--	--------------------	--	----------	--

Metodología del espacio académico	Presencial	X	Virtual		Distancia	
-----------------------------------	------------	---	---------	--	-----------	--

**MATERIALES - REACTIVOS - EQUIPOS**

Reactivo	Concentración	Unidad	Cantidad

Materiales y Consumibles	Unidad	Cantidad

Equipos y Accesorios	unidad	Cantidad
Perdidas de carga en elementos de tuberías	UND	1
Banco Hidráulico	UND	1
Probeta	UND	1




**MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES**

Elementos	Unidad	Cantidad
Cronometro	UND	1/Cada Grupo

**MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS**

Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.

Elementos	señalar si el estudiante lo requiere
Guantes de carnaza	
Tapabocas desechable	
Protector auditivo	
Casco de seguridad	
Otros:	

**OBJETIVOS**

**General:**

Determinar las pérdidas de carga generadas por diferentes accesorios instalados en un sistema hidráulico, debido a variaciones bruscas de sección, dirección y rozamientos o fricción.

**Específicos:**

- Determinar caudales.
- Determinar perdidas de carga generadas por accesorios.
- Observar la relación entre caudal y perdida de carga.
- Revisión teórica del tema de la práctica.

**CONOCIMIENTOS PREVIOS**

Las tuberías son utilizadas para conducir o transportar fluidos en tramos rectos y curvos adaptándose a la topografía del terreno, cambios de dirección de acuerdo a su trayectoria considerada en el diseño. Se debe contemplar los dispositivos utilizados para controlar el flujo como lo son válvulas y accesorios como codos, uniones tees, yees, reducciones y demás accesorios que generan pérdidas de energía complementarias a los ocasionados por la fricción. Las pérdidas de energía en una tubería ocurren por la resistencia al flujo por fricción o localizadas con accesorios y



válvulas y cuando se presenta en un mismo lugar de cambio de geometría o alteración del flujo, se puede determinar la magnitud de esta pérdida como una fracción a la cabeza de velocidad, aguas abajo de donde se produce la pérdida.

Las pérdidas de carga o de cabeza de presión en tuberías debido a los accesorios ocurren de una manera puntual (mientras que la fricción y viscosidad se presentan de forma distribuida), por esto son conocidas como locales y se calculan o determinan de forma experimental.

Se aplica en este caso la ecuación de Bernoulli

$$z_1 + h_1 + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_s$$

Y se obtiene:

$$k = \frac{h_s * 2g}{v^2}$$

#### METODOLOGÍA

Previo al desarrollo de la práctica de laboratorio, se debe consultar las hojas o fichas de seguridad de los reactivos a emplearse en la práctica.

#### PROCEDIMIENTO DE LA PRACTICA

Colocar la unidad obre el banco hidráulico y nivelarla. Cerrar la válvula de compuerta que se encuentra a la salida del sistema. Accionar el interruptor que pone en marcha la motobomba y el circuito cerrado del banco hidráulico volumétrico. Verificar que todos los piezómetros estén marcando la misma altura (Presión).

En estas condiciones se puede iniciar el ensayo.

- Se procede a abrir totalmente la válvula de compuerta para obtener el máximo caudal posible y efectuar la lectura de cada uno de los piezómetros conectados a la entrada y a la salida de cada accesorio, a la vez que se efectúa el aforo en el banco hidráulico, mediante la captación de un volumen de agua en un tiempo determinado.
- Continuar cerrando la válvula de control aproximadamente una vuelta para cada lectura y repetir el procedimiento por lo menos en cinco oportunidades o hasta que prácticamente la válvula quede cerrada.

#### Síntesis

1. ¿Por qué son causadas las pérdidas analizadas en la presente practica?
2. Podríamos decir que las pérdidas por accesorios en tuberías pueden en un momento dado ser insignificantes o despreciables ¿Por qué?
3. Si aumenta el caudal que sucede con las pérdidas.
4. ¿Cómo podríamos disminuir las magnitudes de estas pérdidas?

#### REPORTE DE RESULTADOS

Indicar nombre, objetivos y descripción detallada de la práctica.

Justifique la importancia de la práctica.

Revisión bibliográfica

Descripción de la metodología empleada.

Calcular los elementos geométricos e hidráulicos del canal estudiado.



Analice, concluya y de recomendaciones.

Bibliografía.

**NOTA: Presentar el informe en normas APA, con sus respectivas referencias. Recuerde que si no asistió a la toma de datos del laboratorio no podrá presentar el informe y la respectiva nota será de 0,0.**

#### FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- STREETER, Víctor L. Mecánica de Fluidos. México. Mc Graw-Hill. 1995
- MOTT ROBERT, Mecánica de fluidos aplicada. Ed. Prentice Hall.
- Vennard, John K. And Robert L. Street. Elementary Fluid Mechanics. New York. John Wiley and sons.
- RONALD V. GILES. Mecánica de los fluidos e Hidráulica – Teoría y Problemas Mc
- Graw-Hill. 1990



Código: DO-VI-F-628

Versión: 02

Emisión: 01/03/2019

Página 1 de 4

NOMBRE DE LA PRÁCTICA		Práctica No.
Perdida por Fricción		3

Fecha de la practica	
Laboratorio ó Área de la practica	Laboratorio de Hidráulica
Espacio académico	Hidráulica
Facultad o Unidad	Ingeniería Civil
Nombre del docente o instructor	

Grupo:	Número total de estudiantes :	Número de subgrupos para la práctica:
--------	-------------------------------	---------------------------------------

Hora de inicio:	Hora de salida:
-----------------	-----------------

Espacio de Carácter:	Académico		Teórico		Teórico - práctico		Práctico	
----------------------	-----------	--	---------	--	--------------------	--	----------	--

Metodología del espacio académico	Presencial	X	Virtual		Distancia	
-----------------------------------	------------	---	---------	--	-----------	--

**MATERIALES - REACTIVOS - EQUIPOS**

Reactivo	Concentración	Unidad	Cantidad

Materiales y Consumibles	Unidad	Cantidad

Equipos y Accesorios	unidad	Cantidad
Redes de Tuberías	UND	1
Banco Hidráulico	UND	1
Probeta	UND	1




**MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES**

Elementos	Unidad	Cantidad
Cronometro	UND	1/Cada Grupo

**MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS**

Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.

Elementos	señalar si el estudiante lo requiere
Guantes de carnaza	
Tapabocas desechable	
Protector auditivo	
Casco de seguridad	
Otros:	

**OBJETIVOS**

**General:**

Determinar la pérdida de carga entre dos puntos de la instalación para diferentes valores de caudal.

**Específicos:**

- Determinar caudales.
- Determinar pérdidas de carga.
- Observar la relación existente entre caudal y pérdida de carga.
- Comprobar la relación lineal teórica entre la pérdida de carga y la velocidad, para un régimen laminar.
- Comprobar la relación aproximadamente parabólica teórica entre la pérdida de carga y la velocidad, para un régimen turbulento.
- Revisión teórica del tema de práctica.

**CONOCIMIENTOS PREVIOS**

A medida que un fluido fluye por un conducto, tubo o algún otro dispositivo, ocurren pérdidas de energía debido a la fricción que hay entre el líquido y la pared de la tubería; tales energías traen como resultado una disminución de la presión entre dos puntos del sistema de flujo.



Esta pérdida de energía suele expresarse en términos de energía por unidad de peso de fluido circulante dado en dimensiones de longitud, denominada pérdida de carga. La pérdida de carga está relacionada con otras variables según sea el tipo de flujo, laminar o turbulento.

En el caso de un régimen laminar los esfuerzos cortantes se pueden calcular en función de la distribución de velocidad en cada sección y las pérdidas de carga se pueden obtener mediante la ecuación de Darcy-Weisbach

$$h = \frac{f * L * V^2}{2g * D}$$

### METODOLOGÍA

Previo al desarrollo de la práctica de laboratorio, se debe consultar las hojas o fichas de seguridad de los reactivos a emplearse en la práctica.

### PROCEDIMIENTO DE LA PRACTICA

#### PARTE A

- Instalar el Módulo sobre el banco hidráulico, conectando la manguera de salida de la bomba en la tubería de empalme N° 9, y la manguera de salida del módulo al tanque del módulo básico.
- Cerrar la válvula N°7 del by-pass N°8 para flujo turbulento, y abrir las válvulas N°10 y 11, del depósito vertical N°6. Abrir también la válvula N°2, de salida del módulo.
- Conectar las mangueras para medición de presión, desde la toma N°12 hasta la columna de alta presión, y desde la toma N°3 hasta la columna de baja presión. Abrir la válvula de purga de aire del medidor de columna.
- Poner en servicio la bomba, regulando el caudal con la válvula de salida de la bomba, de tal forma que se establezca un nivel constante en el rebosadero del depósito vertical. El ajuste preciso del nivel se hará con la válvula N°10.
- Ajustar con la válvula N°2 un caudal tal, que el medidor de columna de baja presión indique un nivel de cerca de 2cm de columna de agua. Dadas las características del agua empleada en la experimentación, especialmente en lo que respecta a su viscosidad, que es muy reducida, deberá regularse un caudal tal, que el Número de Reynolds sea inferior a 2000. Para esto, se restringirá el paso de agua a través de la válvula N°2, de forma que la velocidad sea jarra aforada suministrada, midiendo el tiempo empleado en la recolección.
- Repetir el procedimiento tomando unas tres mediciones, aumentando el caudal con la válvula N°2.
- Anotar los datos medidos durante la práctica y efectuar los cálculos indicados.

#### PARTE B

- Instalar el Módulo sobre el banco hidráulico, conectando la manguera de salida de la bomba en la tubería de empalme N° 9, y la manguera de salida del HM 150.01 al tanque del módulo básico.
- Cerrar las válvulas N°10 y 11, del depósito vertical. Abrir la válvula N°7, del by pass para flujo turbulento y la válvula de salida N°2.
- Conectar las mangueras para medición de presión, desde la toma N°12 hasta la entrada de alta presión del manómetro diferencial N°5, y desde la toma N°3 hasta la entrada de baja presión del manómetro diferencial.



- Poner en servicio la bomba, regulando el caudal con la válvula de salida de la bomba, de tal forma que se establezca una diferencia de presión aproximada de 0,2 Bar. Ajustar con más precisión utilizando la válvula N°2.
- Medir el caudal tomando un volumen aproximado de 2 litros, en la jarra aforada, y contabilizando el tiempo requerido.
- Repetir el procedimiento tomando unas tres mediciones, aumentando el caudal con la válvula N°2

#### REPORTE DE RESULTADOS

Indicar nombre, objetivos y descripción detallada de la práctica.

Justifique la importancia de la práctica.

Revisión bibliográfica

Descripción de la metodología empleada.

Calcular los elementos geométricos e hidráulicos del canal estudiado.

Analice, concluya y de recomendaciones.

Bibliografía.

**NOTA: Presentar el informe en normas APA, con sus respectivas referencias. Recuerde que si no asistió a la toma de datos del laboratorio no podrá presentar el informe y la respectiva nota será de 0,0.**

#### FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- Traducción autorizada de: "A Manual for the mechanics of fluids Laboratory" William S. Janna – Department of Mechanical Engineering – Memphis State University, citado por: NIETO, Elsa Maria. Manual de laboratorio del curso mecánica de fluidos. Departamento de ingeniería mecánica. Facultad de ingeniería. Universidad de Los Andes. 2004. 5 p.
- SALDARRIAGA V, Juan G. Hidráulica de tuberías. Abastecimiento de agua, redes, riego. Universidad de los Andes. Editorial Alfaomega. 2007.
- Manual de práctica. Perdida de carga en tubería. FME-07. EDIBON.
- Prácticas de mecánica de fluidos. Escuela técnica superior de ingenieros de minas. Universidad de Oviedo. Departamento de energía. Área de mecánica de Fluidos.



Código: DO-VI-F-628

Versión: 02

Emisión: 01/03/2019

Página 1 de 4

NOMBRE DE LA PRÁCTICA		Práctica No.
Redes		4

Fecha de la practica	
Laboratorio ó Área de la practica	Laboratorio de Hidráulica
Espacio académico	Hidráulica
Facultad o Unidad	Ingeniería Civil
Nombre del docente o instructor	

Grupo:	Número total de estudiantes :	Número de subgrupos para la práctica:
--------	-------------------------------	---------------------------------------

Hora de inicio:	Hora de salida:
-----------------	-----------------

Espacio de Carácter:	Académico		Teórico		Teórico - práctico		Práctico	
----------------------	-----------	--	---------	--	--------------------	--	----------	--

Metodología del espacio académico	Presencial	X	Virtual		Distancia	
-----------------------------------	------------	---	---------	--	-----------	--

**MATERIALES - REACTIVOS - EQUIPOS**

Reactivo	Concentración	Unidad	Cantidad

Materiales y Consumibles	Unidad	Cantidad

Equipos y Accesorios	unidad	Cantidad
Banco Hidráulico	UND	1
Dispositivo para flujo en redes de tuberías	UND	1
Manómetros	UND	6




**MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES**

Elementos	Unidad	Cantidad
Cronometro	UND	1/Cada Grupo

**MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS**

Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.

Elementos	señalar si el estudiante lo requiere
Guantes de carnaza	
Tapabocas desechable	
Protector auditivo	
Casco de seguridad	
Otros:	

**OBJETIVOS**

**General:**

Determinar las características de una red cerrada consistente en un circuito con un punto de alimentación y varios puntos de descarga.

**Específicos:**

- Estudiar el comportamiento de una red de tuberías.
- Analizar las diferencias de presión que se experimentan en una red de tuberías.

**CONOCIMIENTOS PREVIOS**

Las redes cerradas son conductos ramificados que forman anillos o circuitos, los cuales se alimentan de uno o varios suministros y conducen el agua entre ellos o desde ellos, y los nudos y extremos finales por más de un recorrido posible. En puntos determinados de la red pueden ocurrir descargas o salidas de agua, además de las posibles ramificaciones. Esos puntos se denominan nudos de consumo, pero también es un nudo el punto en donde cambian las características del conducto, con su diámetro o su rugosidad.

Existen diferentes métodos de análisis de tuberías, los cuales no sirven para procesos de comprobación de diseño. Uno



de ellos es el método de Hardy – Cross el cual es un proceso de tanteos directos en el cual los ajustes hechos sobre valores previamente admitidos o adoptados son calculados y por lo tanto, controlados.

### RED CERRADA

Las redes cerradas son conductos ramificados que forman anillos o circuitos, se alimentan desde uno o varios suministros y conducen el agua entre ellos o desde ellos, y los nudos y extremos finales por más de un recorrido posible.

En puntos determinados de la red pueden ocurrir descargas o salidas de agua, además de las posibles ramificaciones. Esos puntos se denominan nudos de consumo. Pero también es un nudo el punto donde cambian las características del conducto, como su diámetro o su rugosidad, así no haya consumo o ramificación.

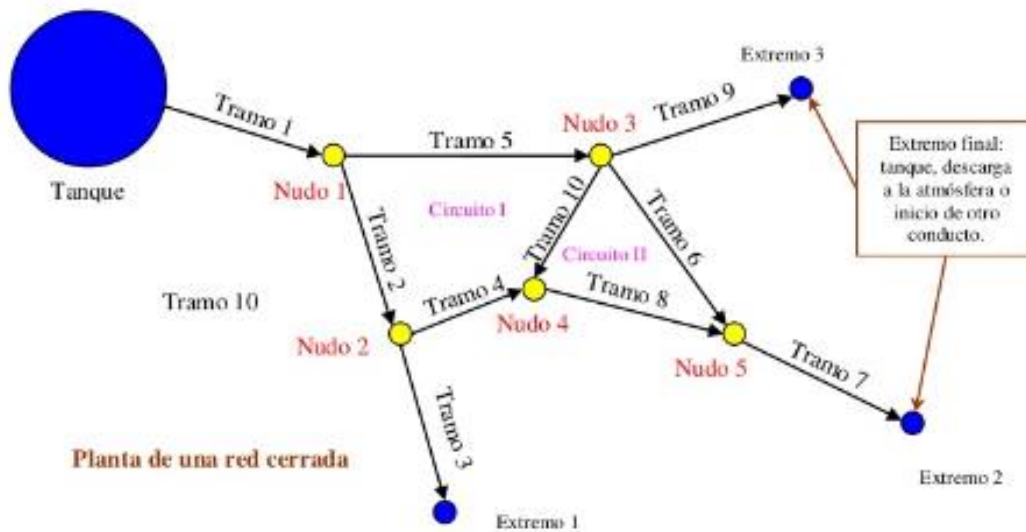


Ilustración 1. Esquema de una red de Tuberías.

Una red cerrada de tuberías es aquella en la cual los conductos o tuberías que la componen se ramifican sucesivamente, conformando circuitos o anillos cerrados. Un circuito es cualquier trayectoria cerrada que puede recorrer una partícula fluida, partiendo desde un punto o nudo de la red, fluyendo por distintos tramos, hasta llegar al punto de partida.

Las redes urbanas de distribución de agua potable, las redes de distribución de gas para usuarios urbanos, las redes de distribución de agua en distritos de riego, las redes de distribución de gas en sistemas de refrigeración, las redes de distribución de aceite en sistemas de lubricación y las redes de distribución en sistemas de ventilación, son ejemplos clásicos de conformación de redes cerradas de tuberías. Sin embargo, se analizarán las redes de distribución de agua.

Las redes urbanas de distribución de agua forman ramificaciones sucesivas de tuberías, siguiendo el trazado de las calles y vías de acceso, conformando circuitos o anillos cerrados, de manera que el agua, en un nudo de la red, puede venir por dos o más direcciones distintas, lo cual presenta la ventaja de no interrumpirse el suministro en los eventos de reparación o de mantenimiento.



El análisis de una red cerrada de tuberías conduce al planteamiento de un sistema de ecuaciones no lineales, de solución muy laboriosa, que solamente es posible resolver por métodos de aproximaciones sucesivas, uno de los cuales es el método de Hardy Cross.

#### METODOLOGÍA

- Conectar el equipo como lo indique su respectivo manual.
- Encender el banco hidráulico y la válvula de control para suministrar el caudal al circuito.
- Conectar los manómetros diferenciales a los diferentes puntos para así obtener las diferencias de carga.
- Determinar el gasto total de cada una de las salidas mediante el cronometro y el tanque del banco.
- Repetir el procedimiento para diversos gastos.

#### REPORTE DE RESULTADOS

Indicar nombre, objetivos y descripción detallada de la práctica.

Justifique la importancia de la práctica.

Revisión bibliográfica

Descripción de la metodología empleada.

Calcular los elementos geométricos e hidráulicos del canal estudiado.

Analice, concluya y de recomendaciones.

Bibliografía.

**NOTA: Presentar el informe en normas APA, con sus respectivas referencias. Recuerde que si no asistió a la toma de datos del laboratorio no podrá presentar el informe y la respectiva nota será de 0,0.**

#### FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- Saldarriaga Valderrama, J. G. Hidráulica de tuberías: abastecimiento de agua, redes y riego (3ª ed). Bogotá (Colombia): Alfaomega colombiana. (2016).
- Mott, R. L. Mecánica de fluidos (6ª ed). México Pearson Educación. (2015).
- Chow, V. T. Open-channel hydraulics. Caldwell, NJ: Blackburn Press. (2009).



Código: DO-VI-F-628

Versión: 02

Emisión: 01/03/2019

Página 1 de 4

<b>NOMBRE DE LA PRÁCTICA</b>	<b>Práctica No.</b>
<b>Energía Específica y Flujo Crítico</b>	5

Fecha de la practica	
Laboratorio ó Área de la practica	Laboratorio de Hidráulica
Espacio académico	Hidráulica
Facultad o Unidad	Ingeniería Civil
Nombre del docente o instructor	

Grupo:	Número total de estudiantes :	Número de subgrupos para la práctica:
--------	-------------------------------	---------------------------------------

Hora de inicio:	Hora de salida:
-----------------	-----------------

Espacio de Carácter:	Académico		Teórico		Teórico - práctico		Práctico	
----------------------	-----------	--	---------	--	--------------------	--	----------	--

Metodología del espacio académico	Presencial	X	Virtual		Distancia	
-----------------------------------	------------	---	---------	--	-----------	--

**MATERIALES - REACTIVOS - EQUIPOS**

<b>Reactivo</b>	<b>Concentración</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>

<b>Materiales y Consumibles</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>

<b>Equipos y Accesorios</b>	<b>unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Banco de Pruebas	UND	1
Flexometro	UND	1
Nonio	UND	1




**MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES**

Elementos	Unidad	Cantidad
Cronometro	UND	1/Cada Grupo

**MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS**

Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.

Elementos	señalar si el estudiante lo requiere
Guantes de carnaza	
Tapabocas desechable	
Protector auditivo	
Casco de seguridad	
Otros:	

**OBJETIVOS**

**General:**

Comprobar experimentalmente la ecuación de energía específica deducida teóricamente para un canal rectangular con flujo uniforme.

**Específicos:**

- Clasificar el flujo en un canal rectangular.
- Evaluar las diferencias entre los resultados obtenidos con las ecuaciones teóricas y los datos obtenidos en el laboratorio.
- Establecer las posibles fuentes de error en el laboratorio

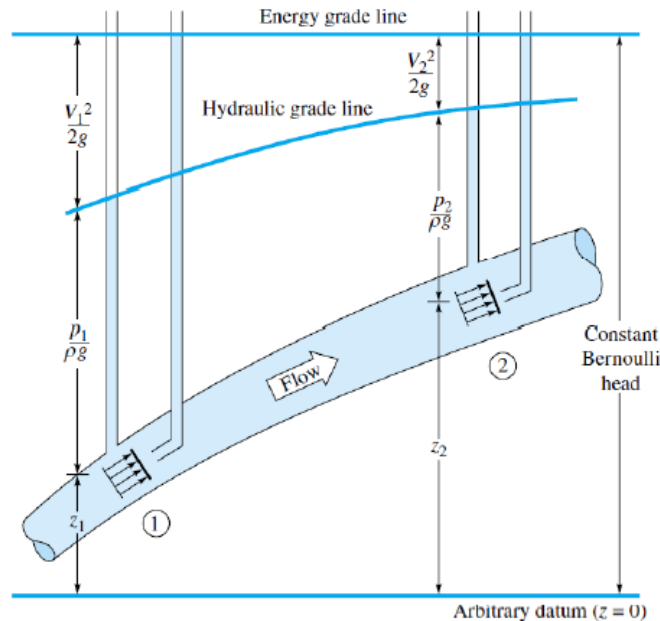
**CONOCIMIENTOS PREVIOS**

Para conocer la energía que contiene un fluido a través de un tubo a presión o un canal fluyendo libremente, es necesario aplicar la ecuación de Bernoulli que tiene como objetivo una simple conservación de masa y energía como se observa en la siguiente figura.

Por lo tanto, la energía total puede expresarse de la siguiente manera:

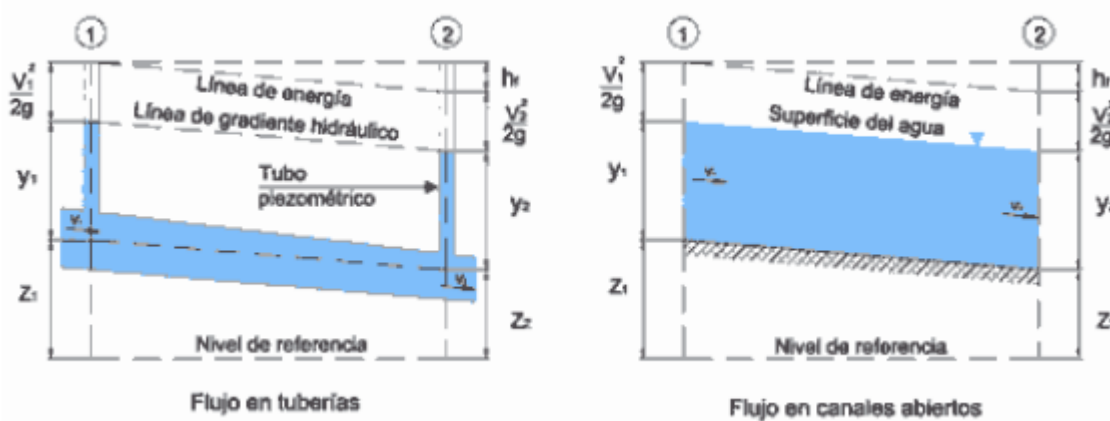


$$\frac{p_2 - p_1}{\rho} + \frac{1}{2}(v_2^2 - v_1^2) + g(z_2 - z_1) = 0$$



**Ilustración 1. Línea de energía total y línea de gradiente hidráulico para un flujo en un conducto sin fricción**

Dividiendo por la gravedad y al reemplazar las presiones por presiones hidrostáticas de la siguiente forma.



**Ilustración 2. Comparación entre flujo en tuberías y flujo en canales abiertos.**

$$y_2 - y_1 + \frac{1}{2g}(v_2^2 - v_1^2) + (z_2 - z_1) = 0$$

Finalmente la constante de Bernoulli despreciando las pérdidas por fricción.

$$y + \frac{v^2}{2g} + z = E$$

La energía específica se define como la energía relativa al fondo del canal, por consiguiente, la siguiente ecuación se



define para cualquier sección del canal.

$$E = y + \frac{v^2}{2g}$$

#### METODOLOGÍA

Previo al desarrollo de la práctica de laboratorio, se debe consultar las hojas o fichas de seguridad de los reactivos a emplearse en la práctica.

#### PROCEDIMIENTO DE LA PRACTICA

- Verificar las condiciones del banco de pruebas.
- Colocar en funcionamiento el sistema y esperar a que se estabilice el flujo.
- Llevar la compuerta a una altura  $W$  sobre el canal observando que no se produzca flujo ahogado. Medir la altura de la compuerta  $W$ .
- Medir la altura del flujo antes de la compuerta ( $Y_1$ ) y después de la compuerta ( $Y_2$ ).
- Efectuar mediciones de  $Y_1$ ,  $Y_2$  y  $w$  para cinco posiciones diferentes de la compuerta.

#### REPORTE DE RESULTADOS

Indicar nombre, objetivos y descripción detallada de la práctica.

Justifique la importancia de la práctica.

Revisión bibliográfica

Descripción de la metodología empleada.

Calcular los elementos geométricos e hidráulicos del canal estudiado.

Analice, concluya y de recomendaciones.

Bibliografía.

**NOTA: Presentar el informe en normas APA, con sus respectivas referencias. Recuerde que si no asistió a la toma de datos del laboratorio no podrá presentar el informe y la respectiva nota será de 0,0.**

#### FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- CHOW, Ven Te. (1994). Hidráulica de Canales Abiertos. Capítulo 1: Flujo en canales abiertos y su clasificación. Santa Fe De Bogotá, Cundinamarca, Colombia: McGraw-Hill INTERAMERICANA S.A. ISBN:958-600-228-4
- ENERGÍA ESPECÍFICA Y FLUJO CRÍTICO (2016). UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. RAMIRO MARBELLO PÉREZ SEDE MEDELLÍN ESCUELA DE GEOCIENCIAS Y MEDIO AMBIENTE.



Código: DO-VI-F-628

Versión: 02

Emisión: 01/03/2019

Página 1 de 5

NOMBRE DE LA PRÁCTICA		Práctica No.
<b>Resalto Hidráulico</b>		6

Fecha de la practica	
Laboratorio ó Área de la practica	Laboratorio de Hidráulica
Espacio académico	Hidráulica
Facultad o Unidad	Ingeniería Civil
Nombre del docente o instructor	

Grupo:	Número total de estudiantes :	Número de subgrupos para la práctica:
--------	-------------------------------	---------------------------------------

Hora de inicio:	Hora de salida:
-----------------	-----------------

Espacio de Carácter:	Académico		Teórico		Teórico - práctico		Práctico	
----------------------	-----------	--	---------	--	--------------------	--	----------	--

Metodología del espacio académico	Presencial	X	Virtual		Distancia	
-----------------------------------	------------	---	---------	--	-----------	--

**MATERIALES - REACTIVOS - EQUIPOS**

Reactivo	Concentración	Unidad	Cantidad

Materiales y Consumibles	Unidad	Cantidad

Equipos y Accesorios	unidad	Cantidad
Canal Hidráulico	UND	1
Flexometro	UND	1




**MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES**

Elementos	Unidad	Cantidad
Cronometro	UND	1/Cada Grupo

**MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS**

Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.

Elementos	señalar si el estudiante lo requiere
Guantes de carnaza	
Tapabocas desechable	
Protector auditivo	
Casco de seguridad	
Otros:	

**OBJETIVOS**

**General:**

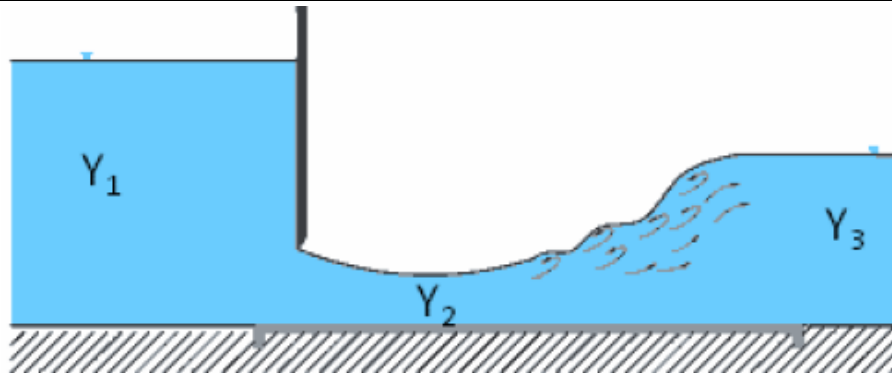
Analizar un volumen de control, las fuerzas hidráulicas que actúan sobre una estructura determinada y determinar el gasto que fluye a través de una compuerta.

**Específicos:**

- Reconocer los parámetros involucrados en la ocurrencia de un resalto hidráulico.
- Reconocer las características básicas de los diferentes tipos de resalto hidráulico.
- Identificar los cambios que se producen en un resalto hidráulico ya estabilizado, como consecuencia de las modificaciones de caudal y apertura de la compuerta.

**CONOCIMIENTOS PREVIOS**

El fenómeno en el cual hay una transición de un flujo con una velocidad alta y poca profundidad (flujo supercrítico) a un flujo con velocidad baja y profundidad alta (flujo subcrítico) se conoce como resalto hidráulico. Este fenómeno de discontinuidad se da por alteración de la energía de flujo, ya sea por cambios en la pendiente del canal o por pérdidas debidas a la fricción.



**Ilustración 1. Esquema de un resalto hidráulico.**

Debido a la naturaleza de este, un resalto hidráulico está caracterizado por el desarrollo de turbulencia a gran escala, ondas superficiales, disipación de energía e incorporación de aire. El flujo dentro de un resalto hidráulico es extremadamente complicado y usualmente no se requiere considerar sus detalles. Para evaluar las propiedades básicas del flujo y las pérdidas de energía se usa el principio de momentum, el cual se conserva en el resalto hidráulico.

Gracias a la gran disipación de energía que ocurre en un resalto hidráulico, éstos son de gran utilidad para este propósito en estructuras hidráulicas, reduciendo la erosión aguas abajo de éstas. La turbulencia de los resaltos hidráulicos es útil y efectiva para mezclar fluidos y químicos, igualmente para airear el flujo. Dichas aplicaciones se presentan en plantas de tratamiento de agua potable y de aguas residuales.

Para que ocurra un resalto hidráulico el número de Froude del flujo justo aguas arriba del resalto,  $F_2$ , debe ser mayor que 1.0. A medida que  $F_2$  aumenta, el resalto se vuelve más turbulento y se disipa más energía. Se han identificado diferentes comportamientos de resaltos, algunos más deseables que otros. Una clasificación para diferentes tipos de resalto hidráulico, dependiendo del número de Froude aguas arriba de éste, fue desarrollada por el U.S. Bureau of Reclamation, la cual se muestra en la Tabla a continuación:

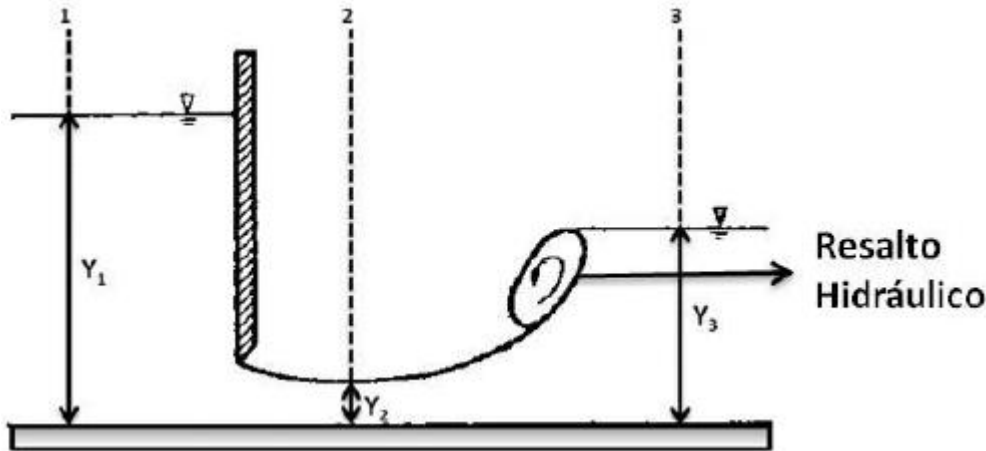
Nombre	$F_2$	Disipación de energía	Observaciones	Esquema
Resalto ondular	1.0 – 1.7	< 5%	Ondas permanentes	
Resalto débil	1.7 – 2.5	5 – 15%	Aumento suave	
Resalto oscilante	2.5 – 4.5	15 – 45%	Inestable	
Resalto estable	4.5 – 9.0	45 – 70%	Mejor rango de diseño	
Resalto fuerte	> 9.0	70 – 85%	Agitado, intermitente.	

**Tabla 1. Tipos de Resalto Hidráulico**



### Momento lineal en resaltos hidráulicos.

Numéricamente, para el caso de canales de sección rectangular, los resaltos hidráulicos se pueden analizar aplicando la ecuación de momentum en los puntos aguas arriba y aguas debajo de éste.



Las ecuaciones de momento serían:

$$M_2 = \frac{q^2}{gy_2} + \frac{y_2^2}{2}$$

$$M_3 = \frac{q^2}{gy_3} + \frac{y_3^2}{2}$$

### METODOLOGÍA

Previo al desarrollo de la práctica de laboratorio, se debe consultar las hojas o fichas de seguridad de los reactivos a emplearse en la práctica.

### PROCEDIMIENTO DE LA PRACTICA

- Garantice que la pendiente del canal esté horizontal ( $S_0 = 0$ )
- Encienda la bomba e inmediatamente abra la válvula de control de flujo.
- Verifique la instalación de la compuerta en el canal y ajústela dejando un espacio de 2 cm entre ésta y el fondo de éste.
- Abra gradualmente la válvula y manipule la rampa ubicada en el extremo aguas abajo del canal hasta que se forme un resalto ondulante.
- Empleando una regla se miden las profundidades  $y_1$  (antes de la compuerta), y las profundidades subsecuentes  $y_2, y_3$ , así como la longitud del resalto hidráulico (LRH) empleando una cinta métrica. 1 y 2 y 3 y
- Incremente el nivel aguas arriba de la compuerta aumentando el caudal y elevando la rampa localizada aguas abajo del canal para generar los demás tipos de resaltos hidráulicos.
- Registre el caudal que registra el tablero de control. Repita esto con diferentes caudales y elevaciones de la compuerta.

Calcular

Número de Froude antes y después del Resalto Hidráulico.

Energía específica antes y después del Resalto Hidráulico.



Energía disipada por el Resalto Hidráulico.

Eficiencia del Resalto Hidráulico.

A partir de la profundidad aguas arriba de la compuerta ( $y_1$ ) y mediante la ecuación de conservación de energía, determinar la profundidad  $y_2$  y cuantificar el error entre  $y_2$  teórico y  $y_2$  experimental.

A partir de la profundidad experimental, aguas arriba del resalto ( $y_2$ ), determinar la profundidad teórica en  $y_3$  mediante la ecuación de conservación de momentum (profundidades subsecuentes) y cuantificar el error entre  $y_3$  teórico y  $y_3$  experimental.

Clasificar el resalto hidráulico por medio del número de Froude y por medio de la energía disipada.

#### REPORTE DE RESULTADOS

Indicar nombre, objetivos y descripción detallada de la práctica.

Justifique la importancia de la práctica.

Revisión bibliográfica

Descripción de la metodología empleada.

Calcular los elementos geométricos e hidráulicos del canal estudiado.

Analice, concluya y de recomendaciones.

Bibliografía.

**NOTA: Presentar el informe en normas APA, con sus respectivas referencias. Recuerde que si no asistió a la toma de datos del laboratorio no podrá presentar el informe y la respectiva nota será de 0,0.**

#### FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- Chanson, Hubert. The hydraulics of open channels flow: an introduction. Elsevier Butterworth-Heinemann. 2004.
- Chow, V.T. Open Channel Hydraulics. McGraw-Hill International. 1973
- Finnemore, E. John y Franzini, Joseph. Fluid Mechanics With Engineering Applications. McGraw-Hill Science. 2001.
- Hager, W. Experiments on standard spillway flow. Proceedings of the institution of Civil Engineers. London, Part 2, 399-416.
- Marbello, Ramiro. *Manual de prácticas laboratorio de hidráulica*. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. 2006.
- Sturm, Terry. Open Channel Hydraulics. Segunda Edición. McGraw-Hill. 2010
- Unidad de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas. Resalto Hidráulico y su aplicación en la corrección de torrentes. 2010
- U.S. Bureau of Reclamation, Research Studies on Stilling Basins, Energy Dissipators, and Associated Appurtenances, Hydraul. Lab. Rept. Hyd-399, 1955.



Código: DO-VI-F-628

Versión: 02

Emisión: 01/03/2019

Página 1 de 10

NOMBRE DE LA PRÁCTICA		Práctica No.
FLUJO A TRAVÉS DE COMPUERTAS		7

Fecha de la practica	
Laboratorio ó Área de la practica	Laboratorio de Hidráulica
Espacio académico	Hidráulica
Facultad o Unidad	Ingeniería Civil
Nombre del docente o instructor	

Grupo:	Número total de estudiantes :	Número de subgrupos para la práctica:
--------	-------------------------------	---------------------------------------

Hora de inicio:	Hora de salida:
-----------------	-----------------

Espacio de Carácter:	Académico		Teórico		Teórico - práctico		Práctico	
----------------------	-----------	--	---------	--	--------------------	--	----------	--

Metodología del espacio académico	Presencial	X	Virtual		Distancia	
-----------------------------------	------------	---	---------	--	-----------	--

**MATERIALES - REACTIVOS - EQUIPOS**

Reactivo	Concentración	Unidad	Cantidad

Materiales y Consumibles	Unidad	Cantidad

Equipos y Accesorios	unidad	Cantidad
Válvula reguladora de caudales	UND	1
Tanque de aquietamiento	UND	1
Canal horizontal de sección rectangular	UND	1
Compuerta plana, vertical y deslizante	UND	1



Tablero de piezómetros adosados a la compuerta	UND	1
limnímetros de aguja	UND	2
Vertedero de Bazin, calibrado	UND	1

**MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES**

Elementos	Unidad	Cantidad
Cronometro	UND	1/Cada Grupo

**MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS**

Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.

Elementos	señalar si el estudiante lo requiere
Guantes de nitrilo	
Tapabocas desechable	
Protector auditivo	
Casco de seguridad	
Otros:	

**OBJETIVOS**

**General:**

Verificar teóricamente y experimentalmente los principios de flujo a través de los medidores de régimen crítico.

**Específicos:**

- Verificar la presencia del régimen crítico del flujo, en la zona de máxima estrangulación (la garganta) de una canaleta Venturi.
- Visualizar y dibujar el perfil de flujo a través de una canaleta Venturi.
- Dibujar y comparar las curvas de  $q$  vs  $y$ , teórica y experimental, correspondientes a un valor constante de energía específica.
- Conocer el principio de funcionamiento de la Canaleta Parshall, como medidor en régimen crítico.
- Calibrar una Canaleta Parshall, de tamaño,  $W$ , conocido, con base en el flujo a través de un vertedero calibrado.
- Visualizar y dibujar el perfil hidráulico del flujo a través de una canaleta Parshall.

**CONOCIMIENTOS PREVIOS**

**1 Definición de compuerta.** Una compuerta es una placa móvil, plana o curva, que, al levantarse, forma un orificio entre su borde inferior y la estructura hidráulica (presa, canal, etc.) sobre la cual se instala, y se utiliza para la regulación de caudales, en la mayoría de los casos, y como emergencia y cierre para mantenimiento de otras estructuras, en los otros. Véase la Figura 1.

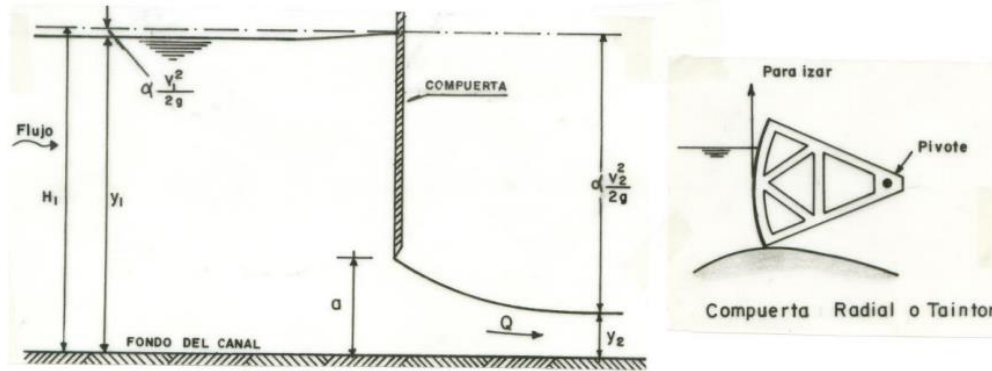


FIGURA 1. Flujos a través de una compuerta plana y de una compuerta radial.

Las compuertas tienen las propiedades hidráulicas de los orificios y, cuando están bien calibradas, también pueden emplearse como medidores de flujo.

**Clasificación de las compuertas.** Las condiciones físicas, hidráulicas, climáticas y de operación, evaluadas apropiadamente, imponen la selección del tipo y tamaño adecuado de las compuertas. Éstas se diseñan de diferentes tipos y con variadas características en su operación y en su mecanismo de izado, los cuales permiten clasificarlas en grupos generales, de la siguiente manera:

**Según las condiciones del flujo aguas abajo:** Véase la Figura 2.

- Compuerta con descarga libre.
- Compuerta con descarga sumergida o ahogada.

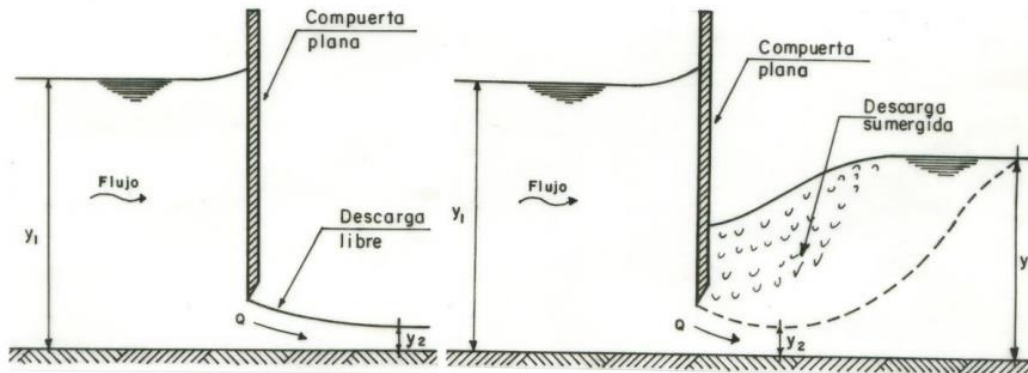


FIGURA 2. Tipos de descarga en compuertas.

**Según el tipo de operación o funcionamiento**

- Compuertas Principales:
  - de regulación
  - de guarda o de cierre
- Compuertas de Emergencia

Las compuertas principales se diseñan para operar bajo cualquier condición de flujo; se les llama de regulación cuando se les conciben para controlar caudales en un canal abierto o sobre una estructura de presa, con aberturas parciales, y se conocen como compuertas de guarda o de cierre aquellas que funcionan completamente abiertas o cerradas.

Las compuertas de emergencia se utilizan en los eventos de reparación, inspección y mantenimiento de las compuertas principales, siendo concebidas para funcionar tanto en condiciones de presión diferencial, en conductos a presión,



como en condiciones de presión equilibrada.

**De acuerdo a sus características geométricas:**

– Compuertas planas:

- Rectangulares
- Cuadradas
- Circulares
- Triangulares, etc

– Compuertas curvas o alabeadas:

- Radiales
- Tambor
- Cilíndricas

– Según el mecanismo de izado:

- Compuertas deslizantes
- Compuertas rodantes

En las compuertas **deslizantes**, el elemento de cierre u obturación se mueve sobre superficies deslizantes (guías o rieles) que sirven, a la vez, de apoyo y sello. Generalmente, se construyen de acero colado, y se emplean en estructuras de canales y en algunas obras de captación, en presas o tanques de regulación. La hoja de la compuerta o elemento de obturación se acciona con un mecanismo elevador, a través de un vástago ó flecha de acero. Véase la Figura 3.

En las compuertas **rodantes**, véase la Figura 4, el elemento de cierre u obturación se mueve sobre un tren de ruedas, rodillos o de engranajes, hasta la posición de condición estanca. Se utilizan en obras de toma profundas, para casos de emergencia y de servicio, así como para cierre en mantenimiento, en conductos a presión. Ruedan a su posición de sello debido a su propio peso y se izan con cadenas o cables por medio de grúas especiales, fuera de la superficie del agua, hasta una caseta de operación, donde se les hace mantenimiento.

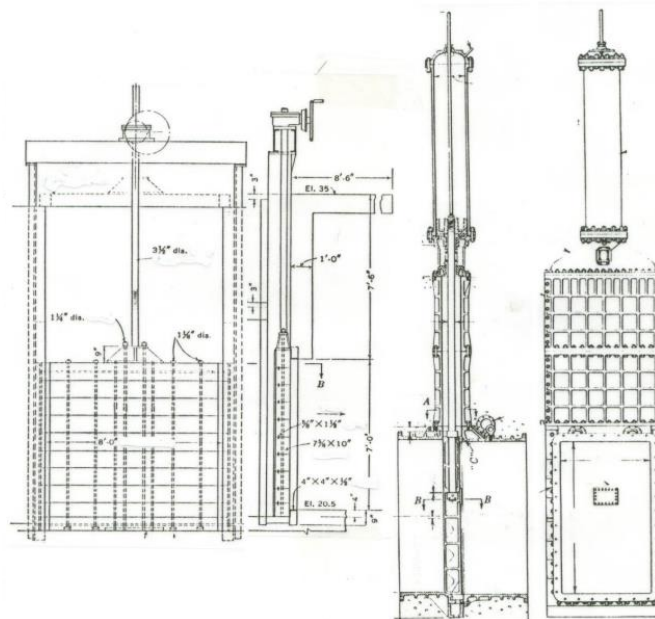


FIGURA 3. Tipos de compuerta deslizante.



FIGURA 4. Tipos de compuerta rodante.

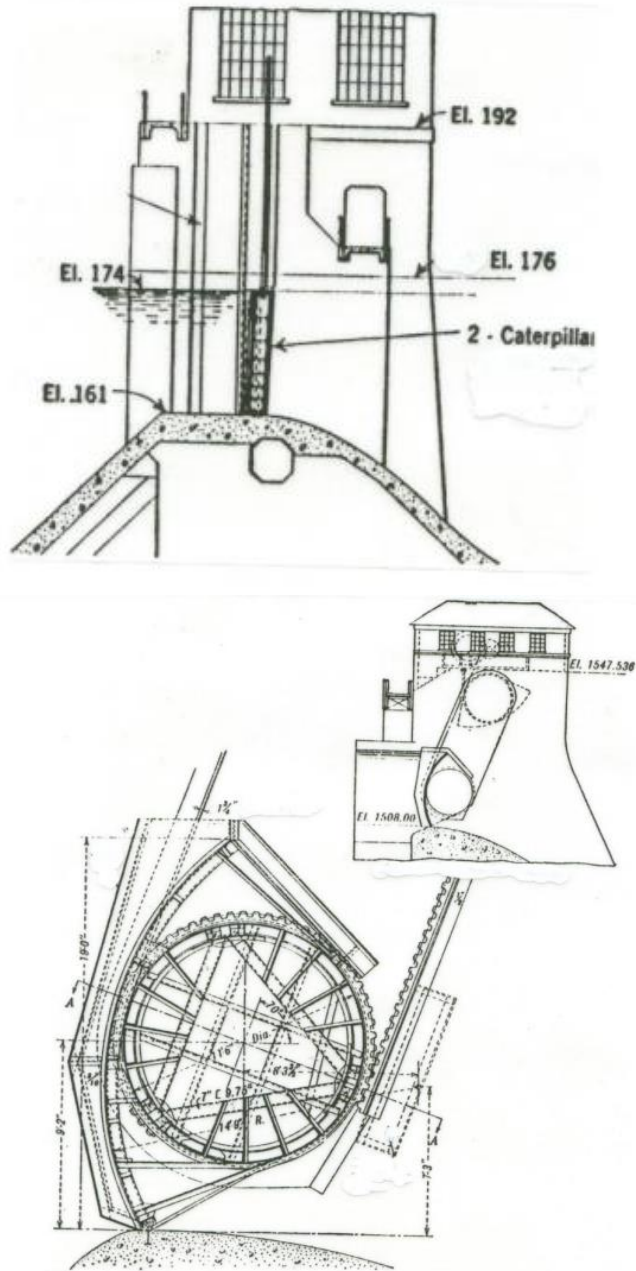


FIGURA 5. Otros tipos de compuerta rodante.

Las compuertas radiales, también llamadas compuertas Taintor, en honor a un capitán de navío, quien fue su ideador, tienen la forma de una porción de cilindro, y giran alrededor de un pivote o eje horizontal situado en el eje longitudinal de la superficie cilíndrica. Por su forma, algunas veces se las llama compuerta sector. Véase la Figura 6.

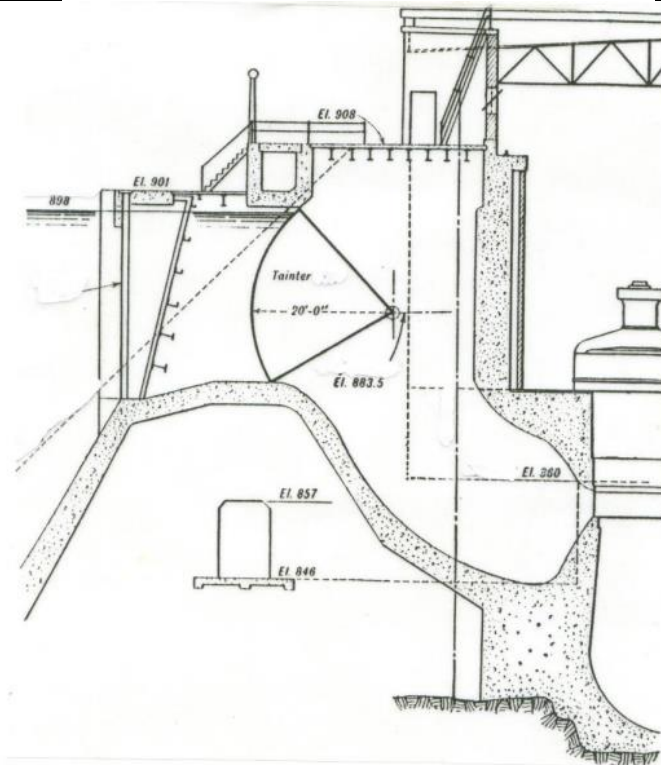


FIGURA 6. Tipos de compuerta radial.

Generalmente, en las compuertas **radiales** el agua actúa en el lado convexo y, debido a las propiedades hidrostáticas de una superficie cilíndrica, la línea de acción del empuje hidrostático resultante pasa a través del pivote o centro de giro. En consecuencia, la fuerza requerida para levantar la compuerta es la requerida para vencer el peso propio de la misma y la fricción en los apoyos.

Este tipo de compuerta se usa en vertederos de presa, en obras de captación y en canales de riego.

Las compuertas tipo **tambor** (véase la Figura 7) consisten en una estructura hermética de acero, a pivotada en la cresta de rebose de un vertedero de presa, y con una forma tal que, cuando está en su posición más baja, ocupa un recinto dentro de la estructura de la presa, sin interrumpir el perfil de dicha cresta.

Si el líquido penetra a dicho recinto, la compuerta se levanta por encima de la cresta, debido al empuje de flotación, evitando el paso de la corriente.

Este mecanismo de operación constituye cierta ventaja sobre los otros tipos de compuerta, puesto que no requiere de superestructuras que incluyan grúas, cables, ni volantes, para su manejo.

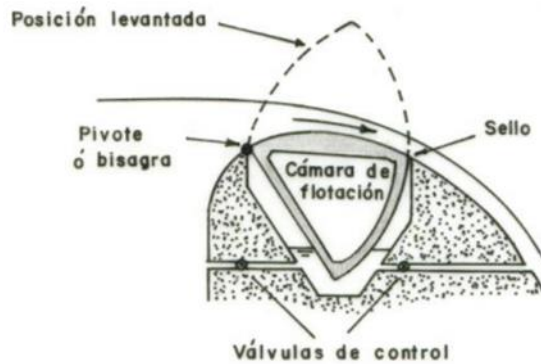


FIGURA 7. Compuerta tipo tambor

Las compuertas **cilíndricas** consisten en un cilindro de acero que se extiende entre los estribos de un vertedero de presa, en los cuales está adosada una cremallera dentada e inclinada, como se muestra en la Figura 5.7a, o de una torre cilíndrica de captación de un embalse, como se muestra en las Figuras a continuación

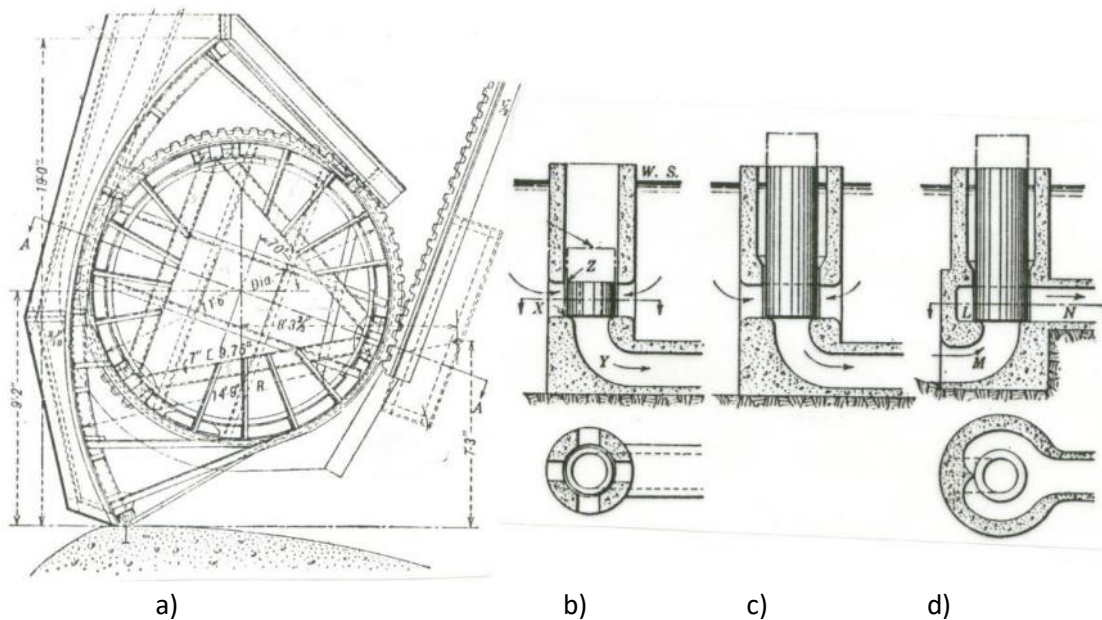


FIGURA 8 Tipos de compuerta cilíndrica.

La compuerta cilíndrica 8a se iza rodando hacia arriba, permitiendo el engranaje entre los dientes y las cremalleras en los extremos de la misma. En virtud de la gran resistencia de una estructura cilíndrica (con apropiados refuerzos interiores), este tipo de compuerta se usa económicamente sobre grandes luces en proyectos especiales. Generalmente, se le coloca un borde longitudinal de acero en un punto apropiado de su periferia, para que forme un sello con la cresta del vertedero, cuando la compuerta esté en la posición más baja.

Las compuertas cilíndricas b, c y d son abiertas en los dos extremos. La compuerta del esquema 8b opera con presión externa equilibrada, por lo que, para levantarla, sólo se requiere vencer la fuerza debida a su propio peso. El fondo de la compuerta descansa sobre un asiento ó en X, provisto de un sello, impidiendo la captación de agua, y, cuando se levanta, deja pasar el líquido a través del conducto Y.

Difícilmente se logra un adecuado ajuste del extremo superior de la compuerta en la sección Z, razón por la cual el



cilindro se extiende, en algunos diseños, hasta la superficie de agua, como se indica en el esquema c.

En el esquema d de la misma figura, la presión del agua actúa en el interior del cilindro, por lo cual se evitan los refuerzos interiores. El agua pasa a través de los conductos M y N por vía de la cámara L.

### METODOLOGÍA

Previo al desarrollo de la práctica de laboratorio, se debe consultar las hojas o fichas de seguridad de los reactivos a emplearse en la práctica.

### PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL PARA LA PRÁCTICA

Se abre la válvula de regulación de caudales, permitiendo el flujo de agua hacia el canal horizontal, en el cual se ha instalado la compuerta. La experimentación se divide en dos etapas. La primera corresponderá a la distribución de presiones sobre la compuerta, con la cual se determinará el empuje sobre ésta. La segunda parte conducirá a la determinación del caudal y de los coeficientes de contracción, de velocidad y de descarga.

- **Distribución de presiones y empuje sobre la compuerta.** Se fija una abertura de compuerta,  $a$ , y se miden la temperatura del agua, el ancho de la compuerta, las profundidades del flujo en las secciones (1) y (2), la posición de cada uno de los orificios piezométricos y las lecturas piezométricas correspondientes, para un caudal relativamente grande, en descarga libre.
- Determinación de la descarga,  $Q$ , y de los coeficientes  $C_c$ ,  $C_v$  y  $C_d$ . Partiendo de caudales altos, y disminuyendo sucesivamente la descarga, regulando la abertura de la compuerta, se medirán y calcularán las magnitudes de las variables necesarias.
- **CÁLCULO DE PROPAGACIÓN DE ERRORES** Por brevedad. El análisis de propagación de errores en esta práctica de laboratorio se aplicará a la estimación del coeficiente de descarga,  $C_d$ , de la ecuación para el flujo a través de la compuerta:

$$Q = C_d \sqrt{2ga} B y_1^{1/2} \quad (5.17)$$

donde todas las variables ya fueron definidas es este capítulo:

Haciendo:

$$m_c = C_d \sqrt{2ga} B \quad (5.64)$$

la ecuación (5.17) se transforma a la siguiente expresión:

$$Q = m_c y_1^{1/2} \quad (5.65)$$

de donde:

$$m_c = \frac{Q}{y_1^{1/2}} = Q y_1^{-1/2} \quad (5.66)$$

Luego, el error físico relativo en la estimación de  $m_c$  se calcula con ayuda de la siguiente ecuación:

$$(\varepsilon_{m_c})_{físico} = \sqrt{\varepsilon_Q^2 + \frac{1}{4} \varepsilon_{y_1}^2} \quad (5.67)$$



en donde el error relativo en la medición del caudal,  $Q \varepsilon$ , se calcula con la siguiente ecuación ya definida:

$$\varepsilon_Q = \varepsilon_{Q_B} = 1.58\varepsilon_{h_B} \quad (2.101)$$

Por otra parte, de la ecuación (5.64), se tiene:

$$C_d = \frac{m_c}{\sqrt{2aBg^{1/2}}} = \frac{\sqrt{2}}{2} m_c a^{-1} B^{-1} g^{-1/2} = k_c m_c a^{-1} B^{-1} g^{-1/2} \quad (5.68)$$

Con  $k_c = \frac{\sqrt{2}}{2}$

Por lo anterior, el error relativo en la estimación del coeficiente de descarga de la compuerta, con base en la ecuación (A5.17), se calculará con la siguiente ecuación:

$$\varepsilon_{cd} = \sqrt{\varepsilon_{m_c}^2 + \varepsilon_a^2 + \varepsilon_B^2 + \frac{1}{4}\varepsilon_g^2} \quad (5.69)$$

#### CUESTIONARIO

- Con la ayuda de la ecuación de Bernoulli, comprobar que la pérdida de energía, a través de la compuerta, es despreciable.
- Comparar los valores de  $C_c$ ,  $C_v$  y  $C_d$  con los presentados en los libros clásicos de Hidráulica.
- Comparar las magnitudes de las fuerzas teórica y experimental sobre la compuerta.
- Representar gráficamente las variaciones  $p_i$  vs.  $d_i$ ,  $C_d$  vs.  $Q$ , y  $C_v$  vs.  $Q$ .
- ¿Para qué valor de  $y_1/a$  se inicia el desprendimiento de la vena líquida del labio inferior de la compuerta?
- Empleando la ecuación de las profundidades alternas del flujo a través de una compuerta, en un canal rectangular, compárense los valores de  $y_1$  y  $y_2$  teóricos y experimentales.
- Una compuerta podría implementarse para aforar caudales en canales abiertos; explique la manera de lograr este objetivo.
- Calcúlese el empuje sobre la compuerta, suponiendo una distribución hidrostática de presiones aguas arriba de la misma. Compárese el resultado con los empujes teórico y experimental citados en el numeral 5.7.3.
- Calcúlese el error relativo total en la medición del empuje experimental sobre la compuerta.

#### REPORTE DE RESULTADOS

Indicar nombre, objetivos y descripción detallada de la práctica.

Justifique la importancia de la práctica.

Revisión bibliográfica

Descripción de la metodología empleada.

Calcular los elementos geométricos e hidráulicos del canal estudiado.

Analice, concluya y de recomendaciones.

Bibliografía.

**NOTA: Presentar el informe en normas APA, con sus respectivas referencias. Recuerde que si no asistió a la toma de datos del laboratorio no podrá presentar el informe y la respectiva nota será de 0,0.**



**FUENTES BIBLIOGRÁFICAS**

- STREETER, Víctor L. Mecánica de Fluidos. México. Mc Graw-Hill. 1995
- MOTT ROBERT, Mecánica de fluidos aplicada. Ed. Prentice Hall.
- Vennard, John K. And Robert L. Street. Elementary Fluid Mechanics. New York. John Wiley and sons.
- RONALD V. GILES. Mecánica de los fluidos e Hidráulica – Teoría y Problemas Mc
- Graw-Hill. 1990



Código: DO-VI-F-628

Versión: 02

Emisión: 01/03/2019

Página 1 de 4

NOMBRE DE LA PRÁCTICA		Práctica No.
Teorema de Bernoulli		8

Fecha de la practica	
Laboratorio ó Área de la practica	Laboratorio de Hidráulica
Espacio académico	Hidráulica
Facultad o Unidad	Ingeniería Civil
Nombre del docente o instructor	

Grupo:	Número total de estudiantes :	Número de subgrupos para la práctica:
--------	-------------------------------	---------------------------------------

Hora de inicio:	Hora de salida:
-----------------	-----------------

Espacio de Carácter:	Académico		Teórico		Teórico - práctico		Práctico	
----------------------	-----------	--	---------	--	--------------------	--	----------	--

Metodología del espacio académico	Presencial	X	Virtual		Distancia	
-----------------------------------	------------	---	---------	--	-----------	--

**MATERIALES - REACTIVOS - EQUIPOS**

Reactivo	Concentración	Unidad	Cantidad

Materiales y Consumibles	Unidad	Cantidad

Equipos y Accesorios	unidad	Cantidad
Aparato Teorema de Bernoulli	UND	1
Banco Hidráulico	UND	1
Piezómetro	UND	1
Probeta	UND	6




**MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES**

Elementos	Unidad	Cantidad
Cronometro	UND	1/Cada Grupo

**MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS**

Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.

Elementos	señalar si el estudiante lo requiere
Guantes de carnaza	
Tapabocas desechable	
Protector auditivo	
Casco de seguridad	
Otros:	

**OBJETIVOS**

**General:**

Demostrar el Principio de Bernoulli.

**Específicos:**

- Comprobar el funcionamiento y la aplicación del teorema de Bernoulli, por medio de un banco hidráulico el cual representará el movimiento de un líquido en sí.
- Investigar el funcionamiento y la utilización del teorema para facilitar el estudio de la hidrodinámica.
- Explicar experimentalmente la consistencia de dicho teorema y las diferentes variables que la componen.
- Interpretar las manifestaciones que se producen en un fluido al delimitar la ecuación.

**CONOCIMIENTOS PREVIOS**



El principio de conservación de la energía se expresa en Mecánica de fluidos por medio del Principio de Bernoulli.

La energía se conserva, transformándose entre energía cinética, energía de flujo y energía potencial. Los fluidos incompresibles y sin rozamiento cumplen el llamado teorema de Bernoulli, enunciado por el matemático y científico suizo Daniel Bernoulli. El teorema afirma que la energía mecánica total de un flujo incompresible y no viscoso (sin rozamiento) es constante a lo largo de una línea de corriente. Las líneas de corriente son líneas de flujo imaginarias que siempre son paralelas a la dirección del flujo en cada punto, y en el caso de flujo uniforme coinciden con la trayectoria de las partículas individuales de fluido.

El teorema de Bernoulli implica una relación entre los efectos de la presión, la velocidad y la gravedad, e indica que la velocidad aumenta cuando la presión disminuye.

La ecuación es la siguiente:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2$$

Dónde:

$P$ : Presión.

$\gamma$ : Peso Específico del fluido.

$V$ : Velocidad.

$g$ : Gravedad.

$Z$ : Altura.

#### METODOLOGÍA

##### PROCEDIMIENTO DE LA PRACTICA

- Instalar el Módulo sobre el banco hidráulico, conectando la manguera de salida de la bomba en la tubería de empalme N° 8.
- Ajustar la tuerca del racor de la empaquetadura del prensaestopas N° 6, de la sonda Pitot para medición de presión total, de forma que la sonda pueda moverse libremente.
- Abrir las válvulas N° 9 y N° 4, y las válvulas de purga del manómetro de tubos múltiple N° 10 y del manómetro de columna N° 2.
- Poner en servicio la bomba y abrir lentamente la válvula de salida de la misma.
- Cerrar lentamente la válvula N° 4, de salida del módulo, hasta que los tubos de los manómetros queden irrigados, regulando un caudal de tal manera que se observe indicación en el tubo situado en la garganta del Venturi.
- Anotar en la planilla los datos de presión estática del manómetro múltiple, y las presiones totales de cada uno de los mismos 6 puntos, colocando la punta de la sonda en cada uno de ellos.
- Determinar el caudal, midiendo un volumen de 10 o 15 litros, recogido en el depósito volumétrico del Módulo Básico, y el tiempo empleado.

#### REPORTE DE RESULTADOS

Indicar nombre, objetivos y descripción detallada de la práctica.

Justifique la importancia de la práctica.

Revisión bibliográfica



Descripción de la metodología empleada.

Análisis, conclusión y de recomendaciones.

Bibliografía.

**NOTA: Presentar el informe en normas APA, con sus respectivas referencias. Recuerde que si no asistió a la toma de datos del laboratorio no podrá presentar el informe y la respectiva nota será de 0,0.**

#### FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- EcuRed. (s.f.). *EcuRed*. Recuperado el 8 de Julio de 2019, de [https://www.ecured.cu/N%C3%BAmero\\_de\\_Reynolds](https://www.ecured.cu/N%C3%BAmero_de_Reynolds)
- Gaviria Navarro, J. (23 de Noviembre de 2015). *Blogspot Mecanica de Fluidos*. Recuperado el 08 de Julio de 2019, de <http://mecanicadefluidoscod5131587.blogspot.com/2015/11/numero-de-reynolds.html>



Código: DO-VI-F-628

Versión: 02

Emisión: 01/03/2019

Página 1 de 8

NOMBRE DE LA PRÁCTICA		Práctica No.
<b>MEDIDORES EN RÉGIMEN CRITICO</b>		9

Fecha de la practica	
Laboratorio ó Área de la practica	Laboratorio de Hidráulica
Espacio académico	Hidráulica
Facultad o Unidad	Ingeniería Civil
Nombre del docente o instructor	

Grupo:	Número total de estudiantes :	Número de subgrupos para la práctica:
--------	-------------------------------	---------------------------------------

Hora de inicio:	Hora de salida:
-----------------	-----------------

Espacio de Carácter:	Académico		Teórico		Teórico - práctico		Práctico	
----------------------	-----------	--	---------	--	--------------------	--	----------	--

Metodología del espacio académico	Presencial	X	Virtual		Distancia	
-----------------------------------	------------	---	---------	--	-----------	--

**MATERIALES - REACTIVOS - EQUIPOS**

Reactivo	Concentración	Unidad	Cantidad

Materiales y Consumibles	Unidad	Cantidad

Equipos y Accesorios	unidad	Cantidad
Instalación de bombeo con tanque elevado, para el abastecimiento de agua en el canal.	UND	1
Tubería de alimentación, provista de válvula de regulación de caudales.	UND	1
Canaleta Venturi.	UND	1



Canaleta Parshall.	UND	1
canales de aproximación	UND	2
Canales de sección rectangular y fondo horizontal con estructura de aquietamiento y tubos directores en su extremo de aguas arriba.	UND	2
Vertedero patrón	UND	1
Limnímetros o medidores de niveles.	UND	2
Medidor magnético de flujo	UND	1

**MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES**

Elementos	Unidad	Cantidad
Regla de Acero.	UND	1/Cada Grupo

**MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS**

**Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.**

Elementos	señalar si el estudiante lo requiere
Guantes de nitrilo	
Tapabocas desechable	
Protector auditivo	
Casco de seguridad	
Otros:	

**OBJETIVOS**

**General:**

Verificar teóricamente y experimentalmente los principios de flujo a través de los medidores de régimen crítico.

**Específicos:**

- Verificar la presencia del régimen crítico del flujo, en la zona de máxima estrangulación (la garganta) de una canaleta Venturi.
- Visualizar y dibujar el perfil de flujo a través de una canaleta Venturi.
- Dibujar y comparar las curvas de  $q$  vs  $y$ , teórica y experimental, correspondientes a un valor constante de energía específica.
- Conocer el principio de funcionamiento de la Canaleta Parshall, como medidor en régimen crítico.
- Calibrar una Canaleta Parshall, de tamaño,  $W$ , conocido, con base en el flujo a través de un vertedero calibrado.
- Visualizar y dibujar el perfil hidráulico del flujo a través de una canaleta Parshall.

**CONOCIMIENTOS PREVIOS**

Sobre la base del principio del flujo crítico, se han desarrollado varias estructuras para la medición del flujo. En tales estructuras, a menudo, la profundidad crítica se genera mediante la construcción de un obstáculo en el canal, tal como



un resalto en el fondo o como un vertedero, o mediante una contracción en la sección transversal del canal, como es el caso de una canaleta de flujo crítico. El uso de un vertedero es un método simple, pero causa unas pérdidas de carga relativamente altas, y si el agua contiene partículas en suspensión, se formará un depósito de sedimentos aguas arriba del vertedero, dando como resultado un cambio gradual en el coeficiente de descarga de esta estructura. Sin embargo, estas dificultades pueden resolverse, por lo menos parcialmente, mediante el empleo de canaletas de régimen crítico.

Definición de medidores en régimen crítico. Los medidores en régimen crítico son estructuras hidráulicas o secciones de control cuya interposición en un flujo a superficie libre obliga el establecimiento de un régimen crítico. La condición de régimen crítico, en la sección de control, permite establecer una relación de descarga vs. profundidad,  $Q$  vs.  $y$ , por lo cual, a ciertas estructuras se les denomina aforadores ó medidores en régimen crítico.

### METODOLOGÍA

Previo al desarrollo de la práctica de laboratorio, se debe consultar las hojas o fichas de seguridad de los reactivos a emplearse en la práctica.

#### PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL PARA LA PRÁCTICA DE LA CANALETA VENTURI

Asegurándose de que esté cebada, se pone en funcionamiento la bomba, se abre la válvula de impulsión y se espera que el tanque elevado se llene y haya rebose, con lo cual se garantiza flujo permanente durante la realización de las prácticas. Seguidamente, se abre la válvula de alimentación del canal de aproximación, permitiendo el flujo a través de la Canaleta Venturi, primero, y, luego, a través del vertedero patrón calibrado.

Al establecerse continuidad en el sistema, los caudales que pasan por la canaleta y por el vertedero serán iguales; entonces, se medirán con el limnómetro el nivel de la superficie libre del agua,  $L_{si}$ , y el nivel de la cresta,  $L_0$ , aguas arriba del vertedero trapecial.

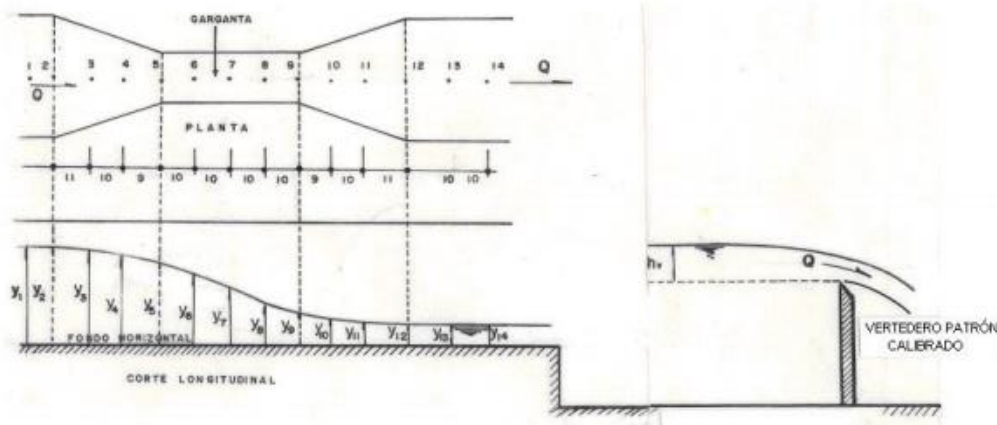


FIGURA 4.9. Instalación para la práctica de la canaleta Venturi

Para cada abertura de la válvula de alimentación, se calculará la carga,  $h_v$ , del vertedero calibrado, como la diferencia entre el nivel de la cresta y el de la superficie libre del agua, una vez se haya estabilizado el flujo, así:

$$h_v = L_{si} - L_0 \quad (4.47)$$



La Canaleta Venturi está dividida en 14 secciones. En cada una de éstas se harán lecturas del fondo del canal,  $L_{fondo}$ , y de la superficie libre del agua,  $L_{superf.}$ , que, restadas entre sí, determinan la profundidad del flujo,  $y_i$ , en dichas secciones. Esto es:

$$Y_i = L_{superf} - L_{fondo}$$

El caudal,  $Q$ , se determinará con la ecuación de calibración del vertedero patrón o con el medidor electromagnético. Este procedimiento se repetirá, por lo menos, para tres caudales distintos.

Registro de datos experimentales. A continuación, se presenta una forma de tabular los datos y medidas requeridos para el desarrollo de la práctica de la canaleta Venturi. También se presentan las ecuaciones necesarias para calcular cada parámetro.

En la Tabla 4.3 se consignarán las lecturas en el fondo del canal y las lecturas en la superficie libre del agua, con las cuales se calcularán las profundidades  $y_i$ . En la misma, también se consignarán los valores de los anchos,  $B_i$ , correspondientes a las secciones en que se ha dividido la canaleta.

TABLA 4.3. Tabulación de datos experimentales para determinar las profundidades y el perfil del flujo correspondientes a la canaleta Venturi.

MEDICIÓN	SECCIONES TRANSVERSALES														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
$L_{fondo} \text{ (cm)}$															
$L_{superf.} \text{ (cm)}$															
$y \text{ (cm)}$															
$B_i \text{ (cm)}$															

Una vez obtenido el caudal, se calcularán la profundidad crítica,  $y_c$ , y el ancho crítico,  $B_c$ , y se observará en qué punto de la canaleta se verifican. Ello permitirá corroborar la teoría relacionada con el concepto de medidores en régimen crítico.

Las ecuaciones correspondientes son:

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2}{g B_g^2 \cos^2 \theta}} \quad (4.49)$$

Nótese que  $B_g$  es el ancho en la garganta de la canaleta, cuyo valor es el de las secciones (6), (7), (8) ó (9).

$$E_1 = y_1 \cos^2 \theta + \frac{\alpha Q^2}{2g B_g^2 y_1^2} \quad (4.50)$$

Esta energía corresponde a la sección No. 1.

$$B_c = \left(\frac{3}{2}\right)^{3/2} \sqrt{\frac{\alpha}{g}} Q E_1^{3/2} \cos^2 \theta \quad (4.51)$$

Estos datos se tabularán de la siguiente manera:



TABLA 4.4. Tabulación de datos experimentales correspondientes al flujo a través de la canaleta Venturi, para diferentes caudales.

ENSAYO No.	h <sub>v</sub> (cm)	Q(l/s)	y <sub>1</sub>	y <sub>2</sub>	y <sub>3</sub>	y <sub>4</sub>	y <sub>5</sub>	y <sub>6</sub>	.....	y <sub>13</sub>	y <sub>14</sub>	y <sub>c</sub>	B <sub>c</sub>
1													
2													
3													
.													
.													

Para calcular la energía específica del flujo, en cada sección, se utiliza la siguiente fórmula:

$$E_i = y_i \cos^2 \theta + \alpha \frac{Q^2}{2gB_i^2 y_i^2} \quad (4.52)$$

Los resultados del cálculo de la energía específica se registrarán en la siguiente tabla.

TABLA 4.5. Tabulación de los valores de energía específica, correspondientes a las secciones de la canaleta Venturi.

ENSAYO No.	Q (m <sup>3</sup> /s)	E1 (m)	E2 (m)	E3 (m)	E4 (m)	E5 (m)	...	E10 (m)	E11 (m)	E12 (m)	E13 (m)	E14 (m)	$E_{\theta \frac{1}{14} = \sum E_i}$
1													
2													
3													
.													
.													
.													

En la Tabla 4.6 se tabularán los valores del caudal unitario calculados con la siguiente fórmula:

$$q_i = \frac{Q}{B_i} \quad (4.53)$$

y el ancho crítico, B<sub>c</sub> calculado anteriormente.

TABLA 4.6. Tabulación de caudales unitarios y ancho crítico del flujo a través de la canaleta Venturi.

No.	Q (m <sup>3</sup> /s)	q <sub>1</sub>	q <sub>2</sub>	q <sub>3</sub>	q <sub>4</sub>	q <sub>5</sub>	q <sub>6</sub>	q <sub>7</sub>	q <sub>8</sub>	q <sub>9</sub>	q <sub>10</sub>	q <sub>11</sub>	q <sub>12</sub>	q <sub>13</sub>	q <sub>14</sub>	B <sub>c</sub> (m)
1																
2																
3																
.																
.																
.																

q<sub>i</sub> en m<sup>2</sup>/s.

4.4.2 Resultados y gráficas. Procesados los datos y mediciones anteriores, los resultados se podrán presentar de una manera gráfica, considerando lo siguiente:

Recuérdese que, por tratarse de una canaleta de fondo horizontal, para un caudal dado, Q, la energía específica del flujo, a lo largo de la misma, permanece constante. Esto es, E = E<sub>0</sub> = constante. Siendo q variable a través de la canaleta, la energía específica del flujo a través de la misma se puede expresar como:



$$E_0 = y \cos^2 \theta + \frac{\alpha q^2}{2gy^2} \quad (4.54)$$

$$q^2 = \frac{2g}{\alpha} (E_0 - y \cos^2 \theta) y^2$$

$$q^2 = \sqrt{\frac{2g}{\alpha} (E_0 - y \cos^2 \theta)} y \quad (4.55)$$

Para un caudal dado, Q, y con energía específica constante, E<sub>0</sub>, se puede estimar el valor de esta energía como:

$$E_0 = \bar{E}_0 = \frac{1}{14} \sum E_i \quad (4.56)$$

que reemplazado en la ecuación (4.55) produce:

$$q^2 = \sqrt{\frac{2g}{\alpha} (\bar{E}_0 - y \cos^2 \theta)} y \quad (4.57)$$

La ecuación (4.57) permite construir la curva teórica de q vs. y, utilizando la tabla que se presenta a continuación. Véase la Figura 4.10.

TABLA 4.7 Valores teóricos de y y q para la construcción de la curva q vs. y del flujo a través de la canaleta Venturi.

y <sub>(teórica)</sub> (m)	0	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	...	...	...
q	0									
(m <sup>2</sup> /s)										

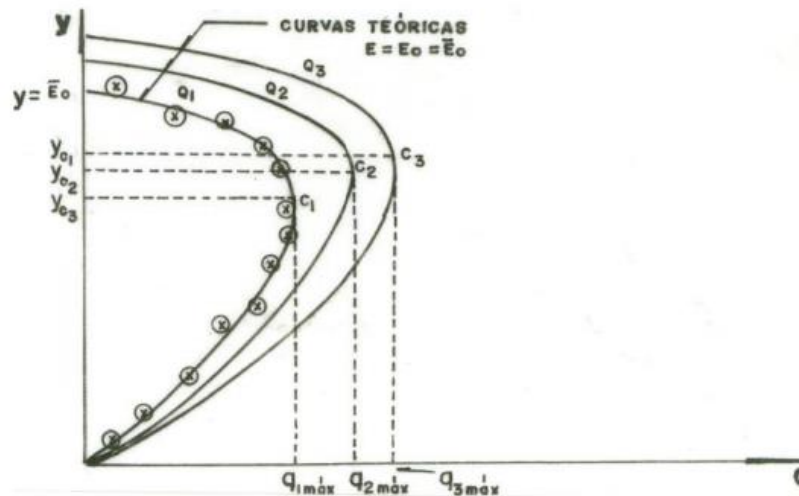


FIGURA No. 4.10. Curvas teórica y experimental de q vs. y.

### PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL PARA LA CALIBRACIÓN DE LA CANALETA PARSHALL

Como quiera que el objetivo de la práctica sobre medidores Parshall es la calibración de una canaleta Parshall de tamaño W conocido, ésta se instalará en el canal rectangular de pendiente variable, como se ilustra en la Figura 4.11.

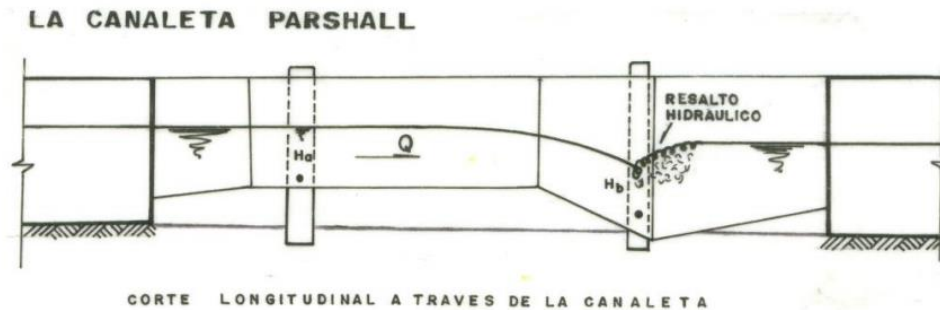


FIGURA 4.11. Instalación para la calibración de una canaleta Parshall.

La canaleta Parshall se calibrará con base en la ecuación de calibración del vertedero patrón, de la misma manera como se procedió en la calibración de vertederos de pared delgada. Por lo tanto, la estimación de los parámetros  $C$  y  $m$ , de la ecuación (4.46), correspondientes a la canaleta en cuestión, se hará también mediante una regresión lineal, siguiendo el método de los mínimos cuadrados ordinarios.

Por lo anterior, los parámetros a medir, con el propósito anteriormente descrito, son  $H_a$  y  $h_B$ .

Donde:

$H_a$  : Profundidad del flujo en la sección (a) de la zona convergente de la canaleta, en metros.

$h_B$  : Carga del vertedero patrón, en milímetros.

Los valores de estas variables y del caudal del flujo se registrarán en una tabla como la siguiente:

TABLA 4.8. Registro de datos experimentales para la calibración de una canaleta Parshall.

$H_a$ (m)
$h_B$ (mm)
$Q_B$ (l/s)

### CUESTIONARIO

- ¿Qué relación encuentra usted entre un escalón en el fondo del canal y un vertedero de pared gruesa?
- ¿En qué sección de la canaleta Venturi se presentó el régimen crítico del flujo?. ¿Cómo se pudo comprobar este hecho?
- ¿En qué sección de la canaleta Parshall se verificó la presencia de flujo crítico?. ¿Cómo se comprobó este hecho?
- ¿Cómo son, entre sí, las curvas  $q$  vs.  $y$ , teórica y experimental, del flujo a través de la canaleta Venturi?
- Compare la ecuación de calibración de la canaleta Parshall, obtenida experimentalmente, con la ecuación empírica correspondiente a un tamaño  $W = 7.5$  cm, presentada en la Tabla 4.1.
- ¿Cómo varía el régimen de flujo a través de la canaleta Venturi?
- ¿Cómo varía el régimen de flujo a través de la canaleta Parshall?
- ¿Cómo se puede comprobar que la canaleta Parshall opere con descargas libre o sumergida?
- ¿Cómo se puede emplear una canaleta Venturi como dispositivo aforador de caudales en canales abiertos?
- ¿Cómo se puede utilizar una canaleta Parshall para aforar caudales en canales abiertos?
- ¿Qué otras aplicaciones se le pueden dar a una canaleta Parshall?
- Calcule el error relativo total en la estimación de  $B_c$ ,  $E_0$  y  $y_c$



### REPORTE DE RESULTADOS

Indicar nombre, objetivos y descripción detallada de la práctica.

Justifique la importancia de la práctica.

Revisión bibliográfica

Descripción de la metodología empleada.

Calcular los elementos geométricos e hidráulicos del canal estudiado.

Analice, concluya y de recomendaciones.

Bibliografía.

**NOTA: Presentar el informe en normas APA, con sus respectivas referencias. Recuerde que si no asistió a la toma de datos del laboratorio no podrá presentar el informe y la respectiva nota será de 0,0.**

### FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- STREETER, Víctor L. Mecánica de Fluidos. México. Mc Graw-Hill. 1995
- MOTT ROBERT, Mecánica de fluidos aplicada. Ed. Prentice Hall.
- Vennard, John K. And Robert L. Street. Elementary Fluid Mechanics. New York. John Wiley and sons.
- RONALD V. GILES. Mecánica de los fluidos e Hidráulica – Teoría y Problemas Mc
- Graw-Hill. 1990



Código: DO-VI-F-628

Versión: 02

Emisión: 01/03/2019

Página 1 de 4

NOMBRE DE LA PRÁCTICA		Práctica No.
Flujo sobre Vertederos		10

Fecha de la practica	
Laboratorio ó Área de la practica	Laboratorio de Hidráulica
Espacio académico	Hidráulica
Facultad o Unidad	Ingeniería Civil
Nombre del docente o instructor	

Grupo:	Número total de estudiantes :	Número de subgrupos para la práctica:
--------	-------------------------------	---------------------------------------

Hora de inicio:	Hora de salida:
-----------------	-----------------

Espacio de Carácter:	Académico		Teórico		Teórico - práctico		Práctico	
----------------------	-----------	--	---------	--	--------------------	--	----------	--

Metodología del espacio académico	Presencial	X	Virtual		Distancia	
-----------------------------------	------------	---	---------	--	-----------	--

**MATERIALES - REACTIVOS - EQUIPOS**

Reactivo	Concentración	Unidad	Cantidad

Materiales y Consumibles	Unidad	Cantidad

Equipos y Accesorios	unidad	Cantidad
Vertedero de cresta aguda con salida de aire.	UND	1
Canal Hidráulico.	UND	1
Medidor de profundidad.	UND	1
Regla de Acero.	UND	1




**MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES**

Elementos	Unidad	Cantidad
Cronometro	UND	1/Cada Grupo

**MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS**

Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.

Elementos	señalar si el estudiante lo requiere
Guantes de nitrilo	
Tapabocas desechable	
Protector auditivo	
Casco de seguridad	
Otros:	

**OBJETIVOS**

**General:**

Verificar la dependencia de la ley de potencia de Q en h, y establecer el valor de C.

**Específicos:**

- Establecer la relación entre cabeza sobre el vertedero y descarga.
- Calcular el coeficiente de descarga y observar el patrón de flujo obtenido.

**CONOCIMIENTOS PREVIOS**

Teniendo en cuenta el flujo que se muestra en la Figura 1. La altura de la cresta sobre el lecho del canal es a, y la altura de la superficie del agua sobre la cresta es h. Teniendo en cuenta una línea de corriente típica desde un punto en el flujo ascendente hasta un punto en el plano de la presa, observamos que en el supuesto de velocidad uniforme V en el flujo ascendente, la energía específica E viene dada por:

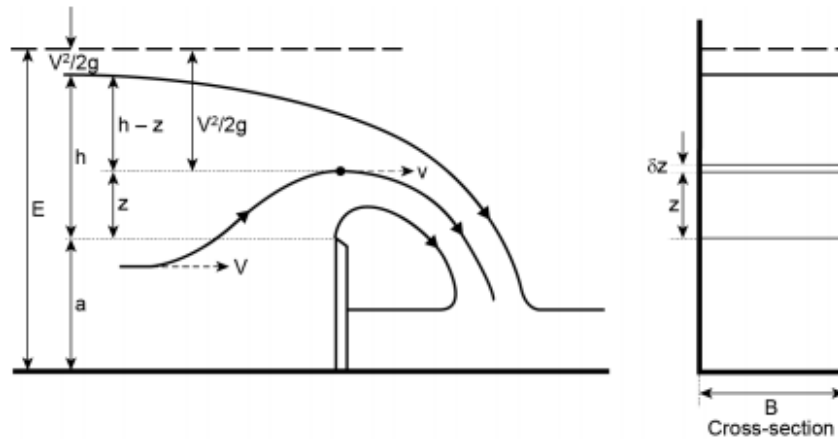
$$E = a + h + \frac{v^2}{2g}$$

Y esta energía específica es constante en la sección transversal. Suponiendo que la velocidad a lo largo de una línea



de corriente típica en el plano de la presa es  $V$ , y la altura de la línea de corriente sobre la cresta de la presa es  $Z$ . Entonces, si no hay pérdida de carga a lo largo de la línea de corriente, y la presión en el plano de El vertedero es atmosférica, la ecuación de Bernoulli es

$$E = a + h + \frac{v^2}{2g} = a + z + \frac{v^2}{2g}$$



**Figura 1. Flujo sobre un vertedero de cresta aguda**

Ignorando la cabeza de velocidad  $V^2/2g$  en el canal de aproximación, la ecuación de Bernoulli da la velocidad sobre el vertedero como

$$V = \sqrt{2g(h - z)}$$

El elemento de descarga a través de un elemento de altura  $\delta z$  y ancho  $B$  es entonces:

$$\delta Q = VB\delta z$$

O

$$\delta Q = \sqrt{2g(h - z)}B\delta z$$

Siempre que  $V$  sea horizontal, la descarga total se puede obtener ignorando la contracción del flujo en la presa como:

$$Q = \int_0^h \sqrt{2g(h - z)}Bdz$$

Realizando la integral;

$$Q = \frac{2}{3}B\sqrt{2g}h^{3/2}$$

Es necesario introducir un coeficiente de descarga  $C$  sin dimensiones en la ecuación para permitir las diferentes suposiciones hechas a la deriva dando:

$$Q = C\frac{2}{3}B\sqrt{2g}h^{3/2}$$

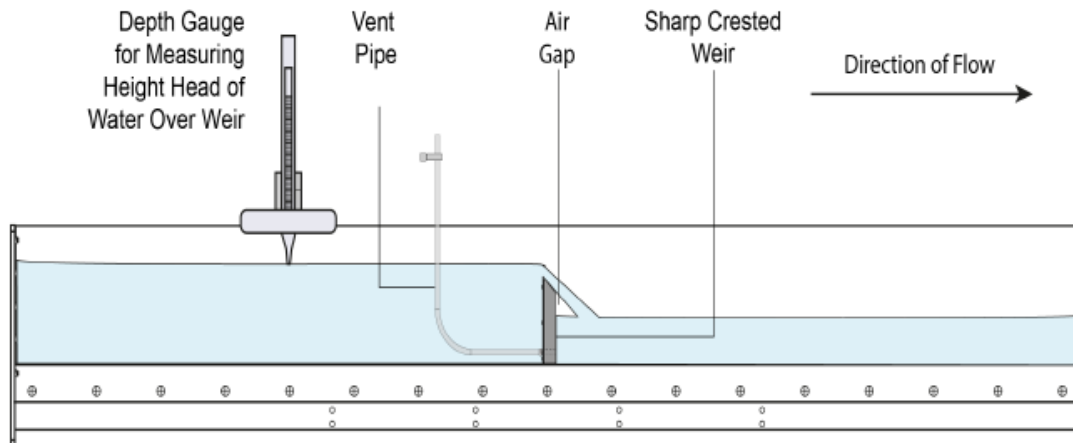
Como la ecuación del vertedero.



### METODOLOGÍA

Previo al desarrollo de la práctica de laboratorio, se debe consultar las hojas o fichas de seguridad de los reactivos a emplearse en la práctica.

#### PROCEDIMIENTO DE LA PRACTICA



- Ajustar el canal horizontal.
- Medir la altura del vertedero.
- Coloque el vertedero de cresta afilada en el canal al menos un metro aguas arriba de la salida.
- Asegúrese de que el tubo de ventilación esté asegurado al riel del canal y que no esté cerca al vertedero debido a que puede influir con el flujo.
- Use un medidor de profundidad para medir la altura de la presa.
- Encienda la bomba del canal y aumente constantemente la velocidad de la bomba para un inicio.

### REPORTE DE RESULTADOS

Indicar nombre, objetivos y descripción detallada de la práctica.

Justifique la importancia de la práctica.

Revisión bibliográfica

Descripción de la metodología empleada.

Calcular los elementos geométricos e hidráulicos del canal estudiado.

Analice, concluya y de recomendaciones.

Bibliografía.

**NOTA: Presentar el informe en normas APA, con sus respectivas referencias. Recuerde que si no asistió a la toma de datos del laboratorio no podrá presentar el informe y la respectiva nota será de 0,0.**

### FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- TECQUIPMENT. User Guide Flow Channel 2.5m – 15m FC300



Código: DO-VI-F-628

Versión: 02

Emisión: 01/03/2019

Página 1 de 4

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica No.
<b>Elementos Geométricos e Hidráulicos de los Canales</b>	11

Fecha de la practica	
Laboratorio ó Área de la practica	Laboratorio de Hidráulica
Espacio académico	Hidráulica
Facultad o Unidad	Ingeniería Civil
Nombre del docente o instructor	

Grupo:	Número total de estudiantes :	Número de subgrupos para la práctica:
--------	-------------------------------	---------------------------------------

Hora de inicio:	Hora de salida:
-----------------	-----------------

Espacio de Carácter:	Académico		Teórico		Teórico - práctico		Práctico	
----------------------	-----------	--	---------	--	--------------------	--	----------	--

Metodología del espacio académico	Presencial	X	Virtual		Distancia	
-----------------------------------	------------	---	---------	--	-----------	--

**MATERIALES - REACTIVOS - EQUIPOS**

Reactivo	Concentración	Unidad	Cantidad

Materiales y Consumibles	Unidad	Cantidad

Equipos y Accesorios	unidad	Cantidad
Canal Hidráulico	UND	1
Flexometro	UND	1
Nivel de Precisión		




**MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES**

Elementos	Unidad	Cantidad
Cronometro	UND	1/Cada Grupo

**MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS**

Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.

Elementos	señalar si el estudiante lo requiere
Guantes de carnaza	
Tapabocas desechable	
Protector auditivo	
Casco de seguridad	
Otros:	

**OBJETIVOS**

**General:**

Conocer y analizar los elementos geométricos hidráulicos de un canal.

**Específicos:**

- Determinar el tirante o calado, sección viva, perímetro mojado, radio hidráulico, área, ancho superficial y la profundidad hidráulica de un canal de sección regular e irregular.
- Clasificar el régimen de flujo hidráulico en un canal.
- Cuantificar la pendiente solera o base del canal.

**CONOCIMIENTOS PREVIOS**

Los elementos geométricos son propiedades de una sección de canal que pueden ser definidos por completo por la geometría de la sección y la profundidad de flujo. Estos elementos son muy importantes y se utilizan con amplitud en el cálculo de flujo.

Para secciones de canal regulares y simples, los elementos geométricos pueden expresarse matemáticamente en términos de la profundidad de flujo y de otras dimensiones de la sección. Para secciones complicadas y secciones de



corrientes naturales, sin embargo, no se puede escribir una ecuación simple para expresar estos elementos, pero pueden prepararse curvas que representen la relación entre estos elementos y la profundidad de flujo para uso en cálculos hidráulicos. La forma más conocida de la sección transversal de un canal es la trapezoidal, como la que se muestra en la Figura a continuación.

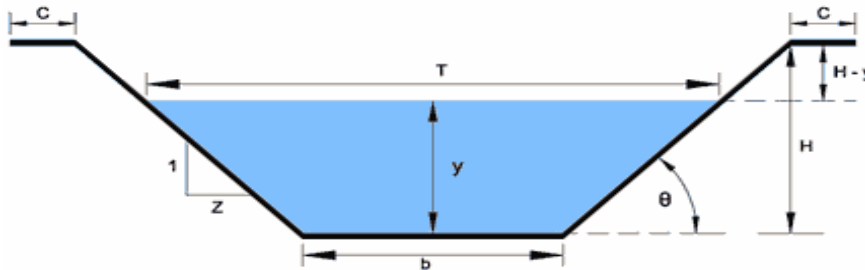


FIGURA 3-3 Elementos geométricos de la sección transversal de un canal.

y: Tirante de agua, altura que el agua adquiere en la sección transversal.

b: Base del canal o ancho de solera.

T: Espejo de agua o superficie libre de agua.

H: Profundidad total del canal.

H-y: Borde libre.

C: Ancho de corona.

$\theta$ : Ángulo de inclinación de las paredes laterales con la horizontal.

Propiedades físico-hidráulicas de los canales abiertos: Un canal es un conducto natural o artificial por donde fluye un líquido valiéndose únicamente de la acción de la fuerza de gravedad. Se caracteriza por presentar una superficie libre expuesta a presión atmosférica.

Características físico-hidráulicas de un canal:

- Área hidráulica, A: Se refiere siempre a la de la sección transversal ocupada por el flujo en un canal,  $m^2$ .
- Perímetro mojado, P: Es la longitud de la línea de contacto entre el agua y la superficie mojada del canal, m.
- Profundidad del flujo o Tirante hidráulico, y: Es la distancia vertical a la plantilla, medida desde la superficie libre del agua al punto más bajo de la sección transversal.
- Ancho de la superficie libre o Espejo, T: Es el ancho de la sección del canal, medido al nivel de la superficie libre, m.
- Profundidad hidráulica o Tirante medio, D: Es la relación entre el área hidráulica y el ancho de la superficie libre, m.
- Radio hidráulico, R: Es el parámetro utilizado para medir el efecto de la forma del canal y es el cociente del área hidráulica y su perímetro mojado, m.
- Talud, z: Es la inclinación de las paredes de la sección transversal y corresponde a la distancia horizontal z recorrida desde un punto sobre la pared, para ascender la unidad de longitud a otro punto sobre la misma, generalmente se expresa 1: z.
- Factor de sección para el cálculo de flujo uniforme: Es el producto del área hidráulica y el radio hidráulico elevado a la potencia  $2/3$ .
- Factor de sección para el cálculo de régimen crítico, Z, es el producto del área hidráulica y la raíz cuadrada de la profundidad hidráulica



### METODOLOGÍA

- Se tomaran las medidas y realizaran los cálculos de cada variable para caudales de ensayo diferente, este procedimiento se realizara tanto aguas arriba del vertedero como aguas abajo.
- Se estimara la velocidad del fluido a partir del caudal y la sección viva.
- Para el cálculo de los parámetros geométricos del canal planteados en el objetivo específico uno, seguir lo visto en clase.
- Se obtendrá el número de Froude y se discutirán los resultados obtenidos.
- Para clasificar el régimen de flujo hidráulico en un canal, se puede utilizar el número de Froude.
- El calado o tirante medio en un canal rectangular puede ser calculado por la relación entre la sección viva y la anchura de la superficie libre.

### REPORTE DE RESULTADOS

Indicar nombre, objetivos y descripción detallada de la práctica.

Justifique la importancia de la práctica.

Revisión bibliográfica

Descripción de la metodología empleada.

Calcular los elementos geométricos e hidráulicos del canal estudiado.

Analice, concluya y de recomendaciones.

Bibliografía.

**NOTA: Presentar el informe en normas APA, con sus respectivas referencias. Recuerde que si no asistió a la toma de datos del laboratorio no podrá presentar el informe y la respectiva nota será de 0,0.**

### FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- Chanson, Hubert. The hydraulics of open channels flow: an introduction. Elsevier Butterworth-Heinemann. 2004.
- Chow, V.T. Open Channel Hydraulics. McGraw-Hill International. 1973
- Finemore, E.John y Franzini, Joseph. Fluid Mechanics With Engineering Applications. McGraw-Hill Science. 2001.
- Hager, W. Experiments on standard spillway flow. Proceedings of the institution of Civil Engineers. London, Part 2, 399-416.
- Marbello, Ramiro. *Manual de prácticas laboratorio de hidráulica*. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. 2006.
- Sturm, Terry. Open Channel Hydraulics. Segunda Edición. McGraw-Hill. 2010
- Unidad de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas. Resalto Hidráulico y su aplicación en la corrección de torrentes. 2010
- U.S. Bureau of Reclamation, Research Studies on Stilling Basins, Energy Dissipators, and Associated Appurtenances, Hydraul. Lab. Rept. Hyd-399, 1955.



Código: DO-VI-F-628

Versión: 02

Emisión: 01/03/2019

Página 1 de 5

NOMBRE DE LA PRÁCTICA		Práctica No.
Flujo sobre un Vertedero de Cresta Aguda		12

Fecha de la practica	
Laboratorio ó Área de la practica	Laboratorio de Hidráulica
Espacio académico	Hidráulica
Facultad o Unidad	Ingeniería Civil
Nombre del docente o instructor	

Grupo:	Número total de estudiantes :	Número de subgrupos para la práctica:
--------	-------------------------------	---------------------------------------

Hora de inicio:	Hora de salida:
-----------------	-----------------

Espacio de Carácter:	Académico		Teórico		Teórico - práctico		Práctico	
----------------------	-----------	--	---------	--	--------------------	--	----------	--

Metodología del espacio académico	Presencial	X	Virtual		Distancia	
-----------------------------------	------------	---	---------	--	-----------	--

**MATERIALES - REACTIVOS - EQUIPOS**

Reactivo	Concentración	Unidad	Cantidad

Materiales y Consumibles	Unidad	Cantidad

Equipos y Accesorios	unidad	Cantidad
Canal Hidráulico	UND	1
Flexometro	UND	1
Vertedero de cresta aguda con salida de aire.		




**MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES**

Elementos	Unidad	Cantidad
Cronometro	UND	1/Cada Grupo

**MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS**

Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.

Elementos	señalar si el estudiante lo requiere
Guantes de carnaza	
Tapabocas desechable	
Protector auditivo	
Casco de seguridad	
Otros:	

**OBJETIVOS**

**General:**

Analizar el comportamiento de un flujo sobre vertedero de cresta aguda.

**Específicos:**

- Establecer la relación entre cabeza sobre el vertedero y descarga.
- Calcular el coeficiente de descarga y observar el patrón de flujo obtenido.

**CONOCIMIENTOS PREVIOS**

La estructura hidráulica donde se efectúa una descarga libre es conocida como vertedero y cuando se realiza sobre una placa con perfil de cualquier forma y con alguna arista se le conoce como de pared delgada. Según Chow, el flujo en canales abiertos se puede clasificar de acuerdo a la variación en tiempo siendo permanente o no permanente y en espacio siendo uniforme o variado contemplando los cambios de profundidad a lo largo del canal. El flujo es rápidamente o gradualmente variado dependiendo de la distancia en donde se encuentra la variación de la altura y el flujo en un vertedero es considerado rápidamente variado y si el flujo aguas abajo tiene una lámina menor que la altura de la cresta este será flujo libre de lo contrario será sumergido. Las componentes verticales de la velocidad aguas arriba



del vertedero hace que la lámina de agua que pasa sobre el vertedero de cresta delgada se contraiga. (Eduardo, 2009)

En el experimento, nuestro objetivo es verificar la dependencia de la ley de potencia de Q en h, y establecer el valor de C. Aunque la teoría se ha derivado específicamente para un vertedero de cresta aguda, un tratamiento similar se aplica claramente a los vertederos con crestas redondeadas, aunque el valor de C variará de un caso a otro. Cuando la presa rectangular se extiende por todo el ancho del canal, se llama supresión el vertedero y la fórmula Rehbock se pueden aplicar para determinar C de la siguiente manera:

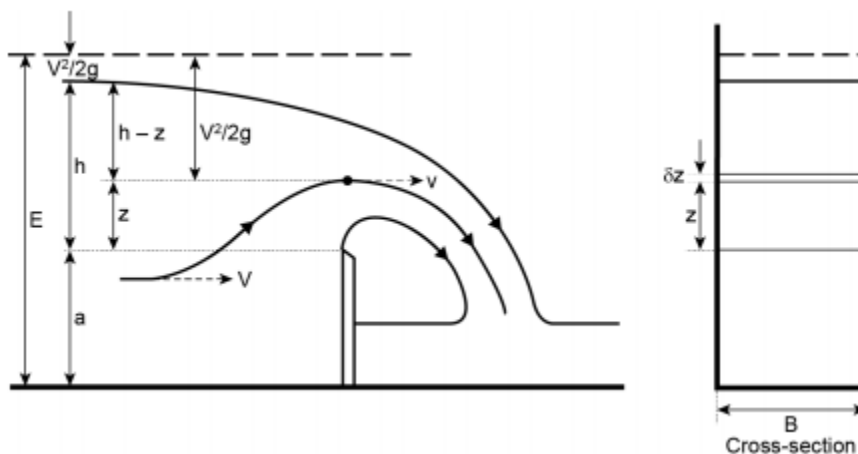
$$C = 0,6 + 0,08 \frac{h}{a}$$

Teniendo en cuenta el flujo que se muestra en la Figura 1. La altura de la cresta sobre el lecho del canal es a, y la altura de la superficie del agua sobre la cresta es h. Teniendo en cuenta una línea de corriente típica desde un punto en el flujo ascendente hasta un punto en el plano de la presa, observamos que en el supuesto de velocidad uniforme V en el flujo ascendente, la energía específica E viene dada por:

$$E = a + h + \frac{V^2}{2g}$$

Y esta energía específica es constante en la sección transversal. Suponiendo que la velocidad a lo largo de una línea de corriente típica en el plano de la presa es V, y la altura de la línea de corriente sobre la cresta de la presa es Z. Entonces, si no hay pérdida de carga a lo largo de la línea de corriente, y la presión en el plano de El vertedero es atmosférica, la ecuación de Bernoulli es:

$$E = a + h + \frac{V^2}{2g} = a + z + \frac{V^2}{2g}$$



**Figura 1. Flujo sobre un vertedero de cresta aguda**

Ignorando la cabeza de velocidad  $V^2/2g$  en el canal de aproximación, la ecuación de Bernoulli da la velocidad sobre el vertedero como

$$V = \sqrt{2g(h - z)}$$

El elemento de descarga a través de un elemento de altura  $\delta z$  y ancho B es entonces:

$$\delta Q = VB\delta z$$

O

$$\delta Q = \sqrt{2g(h - z)}B\delta z$$



Siempre que  $V$  sea horizontal, la descarga total se puede obtener ignorando la contracción del flujo en la presa como:

$$Q = \int_0^h \sqrt{2g(h-z)} B \delta z$$

Realizando la integral

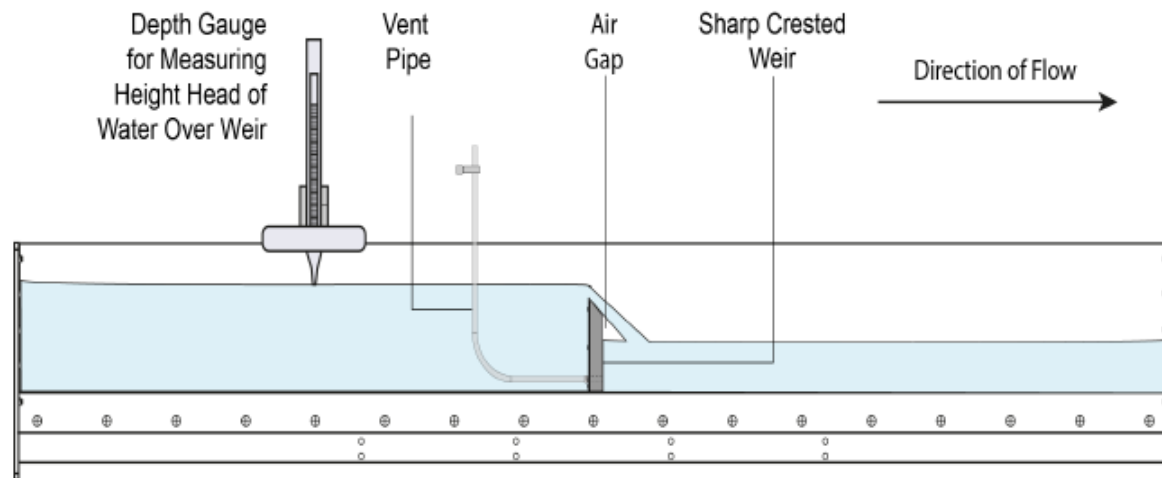
$$Q = \frac{2}{3} B \sqrt{2g} h^{3/2}$$

Es necesario introducir un coeficiente de descarga  $C$  sin dimensiones en la ecuación para permitir las diferentes suposiciones hechas a la deriva dando como la ecuación del vertedero:

$$Q = C \frac{2}{3} B \sqrt{2g} h^{3/2}$$

### METODOLOGÍA

- Ajustar el canal horizontal.
- Medir la altura del vertedero.
- Coloque el vertedero de cresta afilada en el canal al menos un metro aguas arriba de la salida.
- Asegúrese de que el tubo de ventilación esté asegurado al riel del canal y que no esté cerca al vertedero debido a que puede influir con el flujo.
- Use un medidor de profundidad para medir la altura de la presa.
- Encienda la bomba del canal y aumente constantemente la velocidad de la bomba para un inicio.



### REPORTE DE RESULTADOS

Indicar nombre, objetivos y descripción detallada de la práctica.

Justifique la importancia de la práctica.

Revisión bibliográfica

Descripción de la metodología empleada.

Calcular los elementos geométricos e hidráulicos del canal estudiado.

Analice, concluya y de recomendaciones.

Bibliografía.

**NOTA: Presentar el informe en normas APA, con sus respectivas referencias. Recuerde que si no asistió a la toma de datos del laboratorio no podrá presentar el informe y la respectiva nota será de 0,0.**



#### FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- Chanson, Hubert. The hydraulics of open channels flow: an introduction. Elsevier Butterworth-Heinemann. 2004.
- Chow, V.T. Open Channel Hydraulics. McGraw-Hill International. 1973
- Finnemore, E. John y Franzini, Joseph. Fluid Mechanics With Engineering Applications. McGraw-Hill Science. 2001.
- Hager, W. Experiments on standard spillway flow. Proceedings of the institution of Civil Engineers. London, Part 2, 399-416.
- Marbello, Ramiro. *Manual de prácticas laboratorio de hidráulica*. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. 2006.
- Sturm, Terry. Open Channel Hydraulics. Segunda Edición. McGraw-Hill. 2010
- Unidad de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas. Resalto Hidráulico y su aplicación en la corrección de torrentes. 2010
- U.S. Bureau of Reclamation, Research Studies on Stilling Basins, Energy Dissipators, and Associated Appurtenances, Hydraul. Lab. Rept. Hyd-399, 1955.