

**OPTIMIZACION, DEL DISEÑO DE EQUIPO HIDRAULICO PARA EL ENSAYO
DE LABORATORIO ORIFICIOS DE CAIDA LIBRE**

YERIS ALEXANDER ABADIA MENDEZ

EMILY ANDREA

SANCHEZ MORA

JUAN DAVID SERRANOS MARIN

CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

GIRARDOT-CUNDINAMARCA

2015

**OPTIMIZACION, DEL DISEÑO DE EQUIPO HIDRAULICO PARA EL ENSAYO
DE LABORATORIO ORIFICIOS DE CAIDA LIBRE**

YERIS ALEXANDER ABADIA MENDEZ

EMILY ANDREA SANCHEZ MORA

JUAN DAVID SERRANOS MARIN

Trabajo Realizado para optar al Título De ingeniero civil

CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

GIRARDOT-CUNDINAMARCA

2015

AGRADECIMIENTOS

los autores presentan agradecimiento a:

- **ING ABBAD JACK JIMICK MURILLO**, Por su colaboración durante el proyecto de grado y su enseñanza en el periodo académico.
- **ING LORENA**, Coordinadora del programa de ingeniería civil sede Regional Girardot por la colaboración para llevar a acabo nuestra graduación.
- **ING NESTOR LEVER CARDOZO**, Por su colaboración durante el proyecto y enseñanza en el periodo académico.
- A todos los docentes que hicieron parte importante en el aprendizaje.

A nuestros padres, hermanos, amigos
y profesores por su confianza,
apoyo y cariño, en nuestro
aprendizaje día a día

YERIS, EMILY, JUAN

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Girardot, Julio de 2015

Tabla de contenido

LISTA DE TABLAS	10
LISTA DE FOTOS	12
LISTA DE ANEXOS.....	14
GLOSARIO.....	145
1. JUSTIFICACION	19
2. OBJETIVOS	20
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	20
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	20
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	21
3.1. Descripción del problema	21
3.2. Estado actual del problema	22
4. MARCOS DE REFERENCIA.....	23
4.1. MARCO TEORICO.....	23
DETERMINACION EXPERIMENTAL DE LOS COEFICIENTES C_c , C_v y C_d	32
ORIFICIOS Y BOQUILLA.....	35
4.1.1.1. Según el ancho de la pared.....	36
Orificios de pared gruesa	37
4.1.1.2. Según la forma	38

4.1.1.3. Según sus dimensiones relativas	38
4.1.1.4. Según su funcionamiento.....	38
4.1.1.5. CLASIFICACION DE LAS BOQUILLAS.....	40
4.1.1.6. Fórmulas para orificios	41
4.1.1.7. Cálculo de la velocidad teórica VT.....	41
CAPITULO 5.....	44
RECOLECCION DE INFORMACION, DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL EQUIPO HIDRAULICO.....	44
5.1 VISITAS A LUGARES SIMILARES	44
FOTO N° 3. Esperando que la vena líquida o chorro sea constante para poder determinar la trayectoria.	46
5.2 MATERIALES:.....	48
5.3 ESQUEMA DE LA INSTALACION	50
.....	51
MONTAJE DEL EQUIPO HIDRAULICO “ ORIFICIOS DE CAIDA LIBRE”	51
5.4 PROCESO CONSTRUCTIVO.....	52
CAPITULO 6.....	57
PRUEBAS DEL EQUIPO	57
6.1 DESARROLLO DE LA PRÁCTICA	57
6.2 CRONOGRAMA DE TRABAJO	64
6.3 RECOMENDACIONES Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA OPERACIÓN PARA EL CORRECTO USO EQUIPO HIDRAULICO.....	65

PRESUPUESTO	67
BIBLIOGRAFIA	770
ANEXOS	71

LISTA DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1. Presupuesto del proyecto.....	53
TABLA 2. Cronograma de trabajo	53

LISTA DE GRAFICAS

	pág.
Gráfica1.Orificio descarga libre y parad delgada.....	20
Gráfica2.determinacióndecoeficientedecontracción.....	24
Gráfica 3. Orificio circular de arista viva. Valores característicos de los coeficientes de velocidad, contracción y descarga en función del número de Reynolds.....	26
Gráfica4. Trayectoria de un chorro descargando libremente.....	29
Gráfica 5. Esquema para diferenciar entre Orificio y Boquilla	31
Gráfica 6. Orificios de pared delgada, e espesor de la pared del orificio, de diámetro del orificio.....	32
Gráfica 7. Orificios de pared Gruesa.....	32
Gráfica 8. Orificios según la forma.....	33
Gráfica 9 Orificio en descarga libre.....	34
Grafica 10 Orificios con descarga ahogada.....	34
Grafica 11 Tipos de boquillas (a) cilíndricas, (b) cónica divergente, (c) cónicas.....	35
Grafica12 Aplicación de la ecuación de energía entre 1-2	36

LISTA DE FOTOS

Pág.

FOTO N° 1: El nivel en el tanque es constante, debe estar de esta manera para poder realizar las pruebas de laboratorio.....	45
FOTO N° 2. Se destapo el orificio rectangular para poder observar la trayectoria del chorro y calcular el caudal (Q)	46
FOTO N° 3. Esperando que la vena liquida o chorro sea constante para poder determinar la trayectoria.....	46
FOTO N° 4. Anotando las coordenadas tanto en el eje X como el eje Y, para obtener datos precisos de la trayectoria del chorro.....	47
FOTO 5: Corte de ángulo Galvanizado de 1-1/2"-3/16" y platina de 1-1/2".....	52
FOTO N° 6: Soldando estructura (2 kg de soldaduras).....	52
FOTO N° 7: Aplicando pintura epoxica.....	53
FOTO N° 8: unión tanque principal con el canal de salida.....	53
FOTO N° 9: Instalando acrílico (5mm) con sus orificios, al tanque principal.....	54
FOTO N° 10: Sellando con silicona una de caras del canal.....	54
FOTO N° 11: Cortando tubo presión 1 pulg.....	54

FOTO N° 12: Instalación maquina hidráulica de succión de agua “moto bombas ½ hp” al equipo hidráulico.....	55
FOTO N° 13: Instalación tubos presión al tanque principal.....	55
FOTO N° 14: Instalación tubos presión 1 pulg que sirve para recirculación del agua..	55
FOTO N°15: Sellado tubo hidráulico (1 ½ pulg) que sirve de desfogue.....	56
FOTO N° 16: Instalación cuadrícula para poder determinar la trayectoria del chorro..	56
FOTO N° 17: El primer paso es colocar los tapones a todos los orificios.....	57
FOTO N° 18 Se llena el tanque y se dejar un borde libre, Se Verificar que el caudal de alimentación al tanque es cero.....	57
FOTO N° 19 Se selecciona uno de los orificios, preferiblemente el que se encuentre en la parte inferior (los otro deben de estar tapados).....	58
FOTO N° 20: Con la probeta de 1000ml y el cronometro en cero. Se destapa el orificio para este caso el rectangular y con los implementos mencionados se determina el caudal (Q) en segundos.....	58
FOTO N° 21 Con el calibrador (pie de rey), se mide las dimensiones que tiene la vena líquida para determinar el área contraída, también se mide el área real del orificio, estos datos nos sirve para hallar el coeficiente de contracción.....	59
FOTO N° 22 se toman las coordenadas con el flexo metro, tanto en el eje x como en eje (Y) y obtendremos la trayectoria del chorro.....	59

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. Resultados obtenidos en el laboratorio.....	71
ANEXO 2: Guía de laboratorio orificios de caída libre	77

GLOSARIO

Aforo: Determinación del volumen de agua que fluye por un sitio en un determinado tiempo.

Aguas marina: La masa de las aguas que cubren las depresiones de la corteza terrestre forma mares y océanos, que ocupan siete de cada diez partes de la superficie del planeta.

Aguas subterráneas: El agua subterránea representa una fracción importante de la masa de agua presente en los continentes, y se aloja en los acuíferos bajo la superficie de la Tierra.

Arista: el segmento de recta que limita la cara, también conocida como lado, de una figura plana.

Bisel: Corte oblicuo en el borde de una lámina o plancha.

Boquilla: sección de figura geométrica cónica, cuadrada o rectangular a través de la cual pasa un fluido o gas.

Canal de salida: Conducto por el que circulan sustancias líquidas o semilíquidas en un organismo vivo.

Carga hidráulica: Cabeza hidráulica o la cabeza piezométrica es una medida específica de la presión del líquido

Caudal: es la cantidad de fluido, medido en volumen, que se mueve en una unidad de tiempo.

Centro de gravedad: El centro de gravedad de un cuerpo es el punto de aplicación de la resultante de todas las fuerzas que la gravedad ejerce sobre los diferentes puntos materiales que constituyen el cuerpo.

Chorro: líquido o gas que sale con fuerza por un orificio.

Coefficiente de descarga: Es la relación entre el área contraída y la del orificio. Su valor numérico para un fluido determinado varía con el diámetro del orificio y la carga.

Coefficiente de descarga: El volumen del fluido, Q , que escurre del orificio por segundo.

Coefficiente de velocidad: El valor numérico de C_v para el agua y líquidos de viscosidad similar es ligeramente menor que la unidad, y tiene su valor mínimo para cargas bajas y diámetros pequeños.

Diámetro: es el segmento de recta que pasa por el centro y une dos puntos opuestos de una circunferencia, una superficie esférica o una curva cerrada.

Fluido: Se denomina fluido a un tipo de medio continuo formado por alguna sustancia entre cuyas moléculas sólo hay una fuerza de atracción débil.

Optimización: Este verbo hace referencia a buscar la mejor manera de realizar una actividad.

Orificios: Abertura o agujero, especialmente el que está hecho intencionadamente o tiene una finalidad.

Sección contraída: es el área del orificio a través de la cual pasa el fluido.

Trayectoria parabólica: Se denomina movimiento parabólico realizado por un objeto cuya trayectoria describe una parábola.

INTRODUCCION

El proyecto de “optimización del diseño de equipo hidráulico para el ensayo de laboratorio de orificios de caída libre”. Se encuentra fundamentado en estudiar el comportamiento del fluido, este análisis se hace mediante el paso de un líquido a través de un área o sección contraída siguiendo un patrón o trayectoria perpendicular en la cual intervienen varios tipos de variables; entre los cuales se encuentran: velocidad, coeficientes de contracción, coeficiente de velocidad, coeficiente de descarga, caudal y fenómenos naturales como la presión atmosférica. Este tipo de ensayo está dirigido y fundamentado al transporte de aguas las cuales deben recorrer tramos y distancias prolongadas y superficiales. En algunos casos son aguas subterráneas o submarinas.

Se busca construir y presentar un equipo, cuyo propósito sea la verificación de los fenómenos que se producen en este tipo de ensayo, y a su vez intervenir el equipo de manera tal que pueda mejorar su eficacia. Esto se planea realizar implementando una maquina Hidráulica (moto bomba) de medio caballo de fuerza, que permitirá que el fluido contenido en los tanques este en constante circulación manteniendo el volumen de líquido requerido para poder completar el ensayo, se optó por implementar un sistema de ruedas que permita transporta el equipo volviendo este mucho más maniobrable y apto para su respectivo uso. La estructura del equipo será fabricada con Angulo galvanizado de calibre 1-1/2"x3/16" lo cual ofrece y brinda estabilidad y seguridad que deben tener este tipo de equipos. La estructura será recubierta en pintura epoxica para evitar y prevenir a futuro una posible corrosión. Los tanques de descarga, el canal de salida, y el tanque de aforo del caudal serán construidos en dos diferentes tipos de materiales vidrio templado transparente

de 6mm y acrílico transparente de 6mm los cuales son el material dispuesto para la fabricación de este tipo de equipos.

1. JUSTIFICACION

Debido al deterioro de equipos, en el programa de Ingeniería civil de la Corporación Universitaria Múnito de Dios Regional Girardot, para realizar ensayos correspondientes a cada una de las ramas de la Hidráulica. Como lo son la Mecánica de fluidos, Mecánica de Tuberías, Hidráulica de canales, acueductos y alcantarillados y plantas de tratamientos, se tiene la necesidad de optimizar el equipo para el ensayo de orificios de descarga libre; cuya funcionalidad esté al servicio de cada uno de los estudiantes del programa, se requiere volver a colocar en marcha este ensayo.

Este tipo de prueba es necesaria para entender el comportamiento que presentan algunos dispositivos hidráulicos. los cuales tienen como funcionalidad el transporte de fluidos, para ello se debe establecer y conocer los fenómenos que intervienen y se registran en este tipo de sistemas entre los cuales se puede estimar el caudal, pérdidas por fricción, pérdidas de energía y la velocidad que registra el fluido. El poder comprender este tipo de eventualidades hace que este ensayo sea uno de los de más alta conveniencia y versatilidad para un laboratorio de hidráulica que deba tener una facultad de ingeniería civil.

La real aproximación al comportamiento mecánico del agua permite confrontar las leyes adoptadas por la hidráulica, reconocer sus límites y aplicación. El trabajo experimental permite un acercamiento al fenómeno dando la posibilidad de asumir una nueva forma de abordar su estudio permitiendo otras formas de interpretación.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Construir un equipo de descarga de orificios de caída libre, calibrado, respetando la teoría de Torricelli. Con el propósito de experimentar y evaluar los fenómenos y eventualidades que surjan o se produzcan en el transcurso de la prueba o ensayo orificios de descarga.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ❖ Identificar las variables que surgirán durante cada una de las etapas del proyecto. Con el fin de establecer los factores que predominan en esta prueba.

- ❖ Evaluar el diseño y las características de otros equipos similares que permitan comprender el funcionamiento del sistema y la forma en la cual se debe construir para no incurrir en errores manifestados de ante mano.

- ❖ Efectuar mejoras en el sistema de forma tal que pueda facilitar el uso y la forma de trabajo del equipo volviendo a este mas practico y asequible para su correspondiente uso.

- ❖ Establecer en las etapas de prueba los pros y los contras que puedan llegar a surgir en el transcurso de la misma.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Descripción del problema

En años recientes el crecimiento estudiantil semestral que tiene la Corporación Universitaria Minuto de Dios regional Girardot, esto se debe a que su matrícula, y la forma de pago son asequibles para todas las clases sociales. En el pensum de la carrera de ingeniería civil de la corporación universitaria minuto de dios, una de las materias obligatorias de ver es laboratorio de hidráulica, el cual se realizan ensayos donde se observa el comportamiento de un fluido.

Uno de los fenómenos que estudia el laboratorio de hidráulica es de orificios de descarga libre, es un método utilizado para medir los caudales bajo la incidencia de la presión atmosférica. Como se conoce las ecuaciones de hidráulica han surgido de manera empírica, de los ensayos que han realizado los hidráulicos como son Torricelli, Bernoulli entre otros, de ahí surge la necesidad de realizar ensayos prácticos para observar el comportamiento de los fluidos, es diferente lo que se calcula teóricamente a los resultados que arroja un ensayo, ha llevado a investigar y optimizar un equipo con el que no cuenta actualmente la Corporación Universitaria Minuto de Dios.

El alcance de esta investigación es primero optimizar el equipo hidráulico “orificios de descarga libre” e innovarlo con la recirculación del agua que no permite desperdicios de agua. Al igual se espera que el mismo sirva de guía a los estudiantes de Ingeniería Civil, en materia de mediciones de caudal, así como también a cualquier profesional o estudiante del área de Hidráulica sobre éste tema.

3.2. Estado actual del problema

Debido al traslado de instalaciones que hizo la corporación universitaria minuto de dios regional Girardot, algunos equipos hidráulicos sufrieron daños en este caso el de orificios de descarga libre, por lo cual no se encuentra actualmente en el laboratorio, lo cual se optimizara y calibrara el equipo hidráulico para que los estudiantes de ingeniería civil puedan gozar con un buen laboratorio.

4. MARCOS DE REFERENCIA

4.1. MARCO TEORICO

Un orificio son aberturas de forma regular que se deben estar ubicadas debajo de un borde libre que se le deja a la superficie que contiene los orificios.

Desde el punto de vista hidráulica, los orificios son perforaciones, generalmente de forma regular y perímetro cerrado, colocados por debajo de la superficie libre del agua en depósitos o almacenamiento, tanques, canales o tuberías.

Su clasificación puede realizarse de acuerdo con las condiciones de trabajo, es decir, descargando libremente, ahogados parcialmente o sumergidos o a presión en el interior de una tubería. De la misma manera la clasificación puede realizarse de acuerdo con su forma: circular, cuadrada, rectangular, etcétera.

En el caso de los orificios de descarga libre puede definirse si un orificio es de pequeña dimensiones cuando estas son mucho menores que la profundidad a la que se encuentra: su dimensión vertical igual o inferior a un tercio de la profundidad del agua medida hasta su centro de gravedad.

Por ejemplo, para los orificios de área pequeña, inferior a $1/10$ de la superficie transversal del recipiente en el que se encuentra, se acostumbra despreciar la velocidad del líquido en el recipiente.

Si se tiene en cuenta el espesor de la pared en la cual se perforo el orificio, se pueden clasificar en orificio de pared delgada o pared gruesa; en este caso, la pared es delgada cuando el chorro del líquido apenas toca la perforación en una línea que corresponde al perímetro del orificio. En la pared gruesa el chorro líquido se adhiere a la misma. (SOTELO, 1982)”

Para construir un orificio de pared delgada en una placa gruesa (algunas veces el espesor de la placa en que se construye el orificio es mayor que el diámetro del orificio en caso de ser circular, o que la dimensión menor en caso de tener otra forma) es necesario construir un bisel. Si el espesor de la pared mide entre dos y tres veces el diámetro del orificio, y no tiene bisel, se dice que hay un diafragma.

Todas estas clasificaciones resultan de interés porque permiten estimar adecuadamente los coeficientes necesarios en la evaluación de su comportamiento real, cuando no es posible su verificación mediante modelos en el laboratorio.

El chorro que sale de un orificio de descarga libremente se denomina vena líquida y su trayectoria es parabólica, como la de todo cuerpo que cae con una componente horizontal de la velocidad. “ (SOTELO, 1982) “

ECUACION GENERAL PARA UN ORIFICIO CON DESCARGA LIBRE

Al considerar un tanque lleno de un líquido, tal como se presenta en la **figura 1**, donde en una de sus paredes laterales se ha practicado un orificio de pequeña dimensiones y con sección A, es posible desarrollar algunos análisis.

Si se supone que el nivel en el tanque permanece constante (por ejemplo el tanque es alimentado con un caudal igual o superior al evacuado por el orificio y dispone de un sistema de rebose), entonces el orificio descarga un caudal teórico, constante cuya magnitud se puede determinar al plantear la ecuación de Bernoulli entre la superficie libre y la sección más contraída del chorro. “ (SOTELO, 1982)”

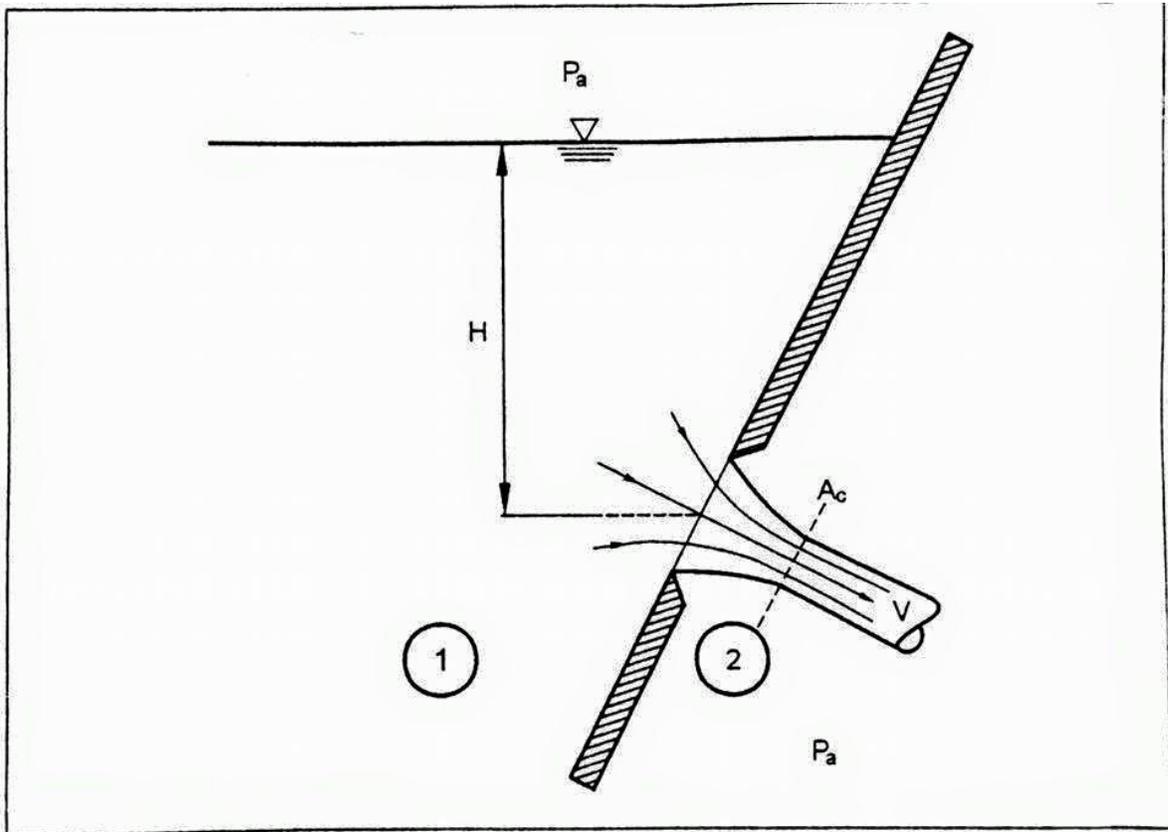


Ilustración 1 – Orificio de descarga libre y pared delgada

Para el cálculo del caudal es necesario, entonces, conocer el área de la sección contraída, que siempre se expresa en función del área del orificio.

Al analizar las condiciones en la descarga se puede establecer que el orificio es de pared delgada y, por tanto, el único punto de contacto entre el líquido y la pared es alrededor de una arista afilada, tal como se muestra en la figura anterior. Las partículas en la proximidad del orificio se mueven aproximadamente en dirección al centro del mismo, de modo que, por efecto de su inercia, el cambio de dirección brusca que sufren genera una contracción del chorro en la sección 2. Esta sección se denomina sección contraída y tiene entonces un área A_c inferior al área A del orificio. En esta sección se puede establecer que la

distribución de las velocidades es prácticamente uniforme y su valor medio es v . “ (SOTELO, 1982)”

Como se mencionó previamente, al plantear la ecuación de Bernoulli, tomando como nivel de referencia una línea que pase por el centro de gravedad del orificio y considerando que la velocidad del agua en el tanque es despreciable, se puede obtener la siguiente expresión:

$$H = \frac{v^2}{2g}$$

Es importante anotar que en el caso en que el orificio se encuentra sobre una pared inclinada se ha despreciado la diferencia de alturas entre el centro de gravedad del orificio y el centro de gravedad de la sección contraída. Despejando de la expresión anterior la velocidad, se obtiene que:

$$v = \sqrt{2gH}$$

Expresión denominada de Torricelli, que indica que la velocidad sigue una ley parabólica con la carga H . este valor de la carga se toma al centro de gravedad del orificio, a pesar de que las partículas que se mueven sobre la parte superior de este punto tiene velocidades mayores que las partículas que se mueven por la parte inferior. La hipótesis planteada para el valor de H tendrá mayor validez en la medida en que la dimensión del orificio en la dirección H sea mucho menor que este valor. “ (SOTELO, 1982)”

Experimentalmente se obtiene resultados bastantes coincidentes con la expresión teórica anterior pero obviamente corregida por un coeficiente denominado de velocidad, C_v , resultado la siguiente expresión:

$$V_c = C_v \sqrt{2gH}$$

Donde el coeficiente de la velocidad, C_v , que se obtiene experimentalmente, es adimensional y su valor debe ser muy próximo a la unidad. Este coeficiente permite la velocidad real y tiene en cuenta los factores que no se consideraron al plantear la ecuación de Bernoulli, como las pérdidas de energía, ∇h , y el factor de corrección de la energía cinética, α “(SOTELO, 1982)”.

Si el área de la sección contraída, A_c , se calcula en término de la del orificio, A_o , utilizando un coeficiente de contracción C_c , se puede expresar que:

$$A_c = A_o C_c$$

Y entonces, el caudal real evacuado por el orificio resulta ser:

$$Q = C_v C_c A_o \sqrt{2gH}$$

Es bueno recordar que en las ecuaciones anteriores H corresponde a la diferencia de alturas entre la superficie libre y el centro de gravedad del orificio. Se supuso que la velocidad de llegada del orificio es despreciable y que la presión sobre la superficie libre es la atmosférica. De no ser así H representa la energía total disponible, E, para desarrollar la descarga, es decir, la suma de la profundidad del líquido hasta el centro de gravedad del orificio, la carga de velocidad de llegada y la carga de presión sobre la superficie del agua:

$$E = H + \frac{v^2}{2g} + \frac{P_0}{\rho}$$

La determinación de los coeficientes de velocidad C_v , contracción, C_c , y descarga, C_d , en un orificio se realizan básicamente en forma experimental. Sin embargo, en teoría es posible encontrar la magnitud del coeficiente de descarga para un orificio de forma circular a partir de la ecuación de cantidad de movimiento aplicada sobre el volumen del control limitado por la frontera del chorro en contacto con el aire, la sección contraída, y dentro del recipiente por una superficie semiesférica de radio igual al del orificio, tal como se presenta en la figura.

Al realizar el análisis corresponde se obtienen una expresión para el coeficiente de contracción, C_c , en función del coeficiente de velocidad, C_v “(SOTELO, 1982)”

$$C_c = 2 - \sqrt{4 - \frac{2}{C_v^2}}$$

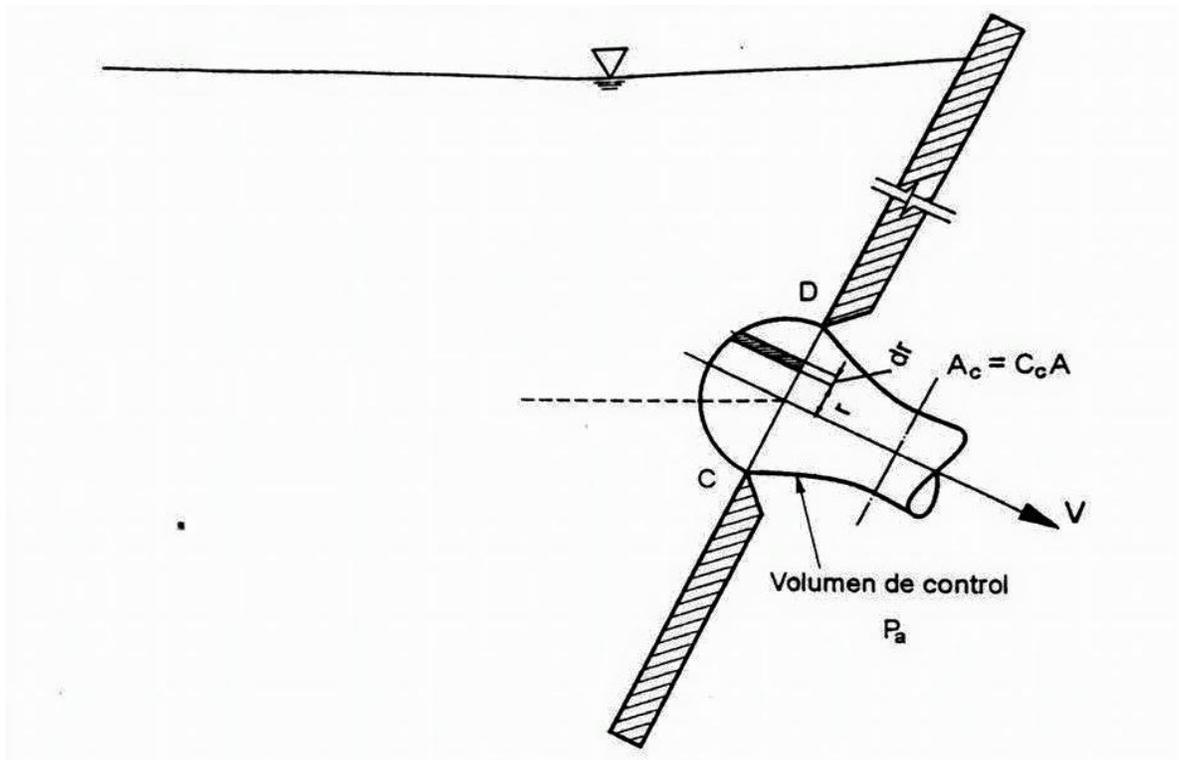


Ilustración 2 – volumen de control para la determinación coeficiente de contracción

Por otra parte, al realizar un análisis dimensional para la de descarga libre de un orificio circular y considerando las variables físicas más importantes la velocidad del chorro, la carga por encima del centro de gravedad del orificio, el diámetro, la densidad y la viscosidad del líquido, se demuestra que los tres coeficientes (velocidad, contracción y descarga) son función exclusivamente del número de Reynolds.

A partir de los diferentes resultados experimentales se observa que para orificios de sección circular, de arista viva y con una contracción completa (para que esta condición se logre la distancia entre los bordes del orificio y las fronteras sólidas debe ser superior a tres diámetros del orificio), estos coeficientes se comportan de acuerdo con lo que se presenta en la figura , en la que se grafica para diferentes valores del número de Reynolds, NR, el

correspondiente valor del coeficiente. En este grafico se observa que para números de Reynolds superior a 10^5 ($NR > 10^5$), los coeficientes puede tomar los siguientes valores constantes ya que son independientes del número de Reynolds “ (SOTELO, 1982)” :

COEFICIENTE	valores
Coeficiente de velocidad (C_v)	0,99
Coeficiente de contracción (C_c)	0,61
Coeficiente de descarga (C_d)	0,60

Tabla 1. Coeficientes para número de Reynolds superior a 10^5

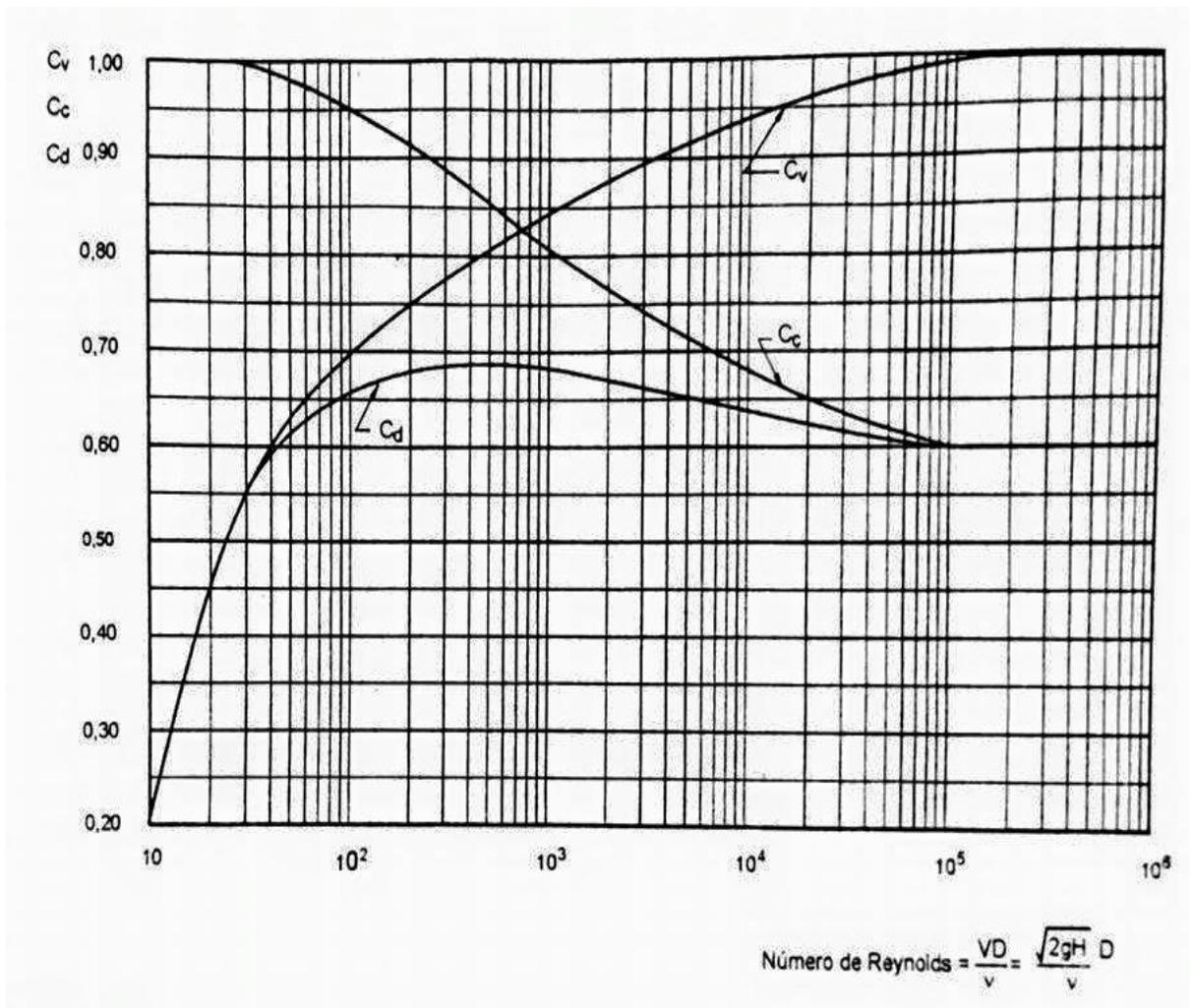


Ilustración 3 – Orificio circular de arista viva. Valores característicos de los coeficientes de velocidad, contracción y descarga en función del número de Reynolds

En el caso de orificios pequeños de sección rectangular, los orificios C_c , C_v y C_d son prácticamente los mismos que los orificios de sección circular. En este caso, para la determinación del número de Reynolds, se utiliza la menor dimensión del orificio “ (SOTELO, 1982)”.

DETERMINACION EXPERIMENTAL DE LOS COEFICIENTES C_c , C_v y C_d

En el laboratorio los coeficientes pueden determinarse a partir de la trayectoria del chorro. Al aplicar la ecuación de Bernoulli entre la sección contraída y un punto cualquiera de la trayectoria, tal como se presenta en la figura 4 , ya que el chorro se encuentra en contacto con la atmosfera, se tiene que:

$$Z_c + \frac{v_c^2}{2g} = Z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

En la figura se ha establecido el origen de coordenadas en el centro de gravedad de la sección contraída, x y y representa las distancias horizontal y vertical del punto 2 y 0 representa la inclinación de la pared con respecto a la horizontal sobre el cual se ha perforado el orificio.

Adicionalmente, para un chorro con descarga libre se puede establecer las siguientes relaciones entre los componentes de la velocidad de cada punto “ (SOTELO, 1982)”:

$$v_{cx} = v_{2x}$$

$$v_{2y} = v_{cy} - gt$$

Las coordenadas (x , y) del punto2 se puede obtener a partir de la cinemática de la siguiente manera:

$$x = v_{cx} t$$

$$y = v_{cy} t - \frac{gt^2}{2}$$

Al eliminar t se obtiene y en función de x y de las velocidades en la sección contraída:

$$y = \frac{v_{cy}}{v_{cx}} x - \frac{g}{2} \frac{x^2}{v_{cx}^2}$$

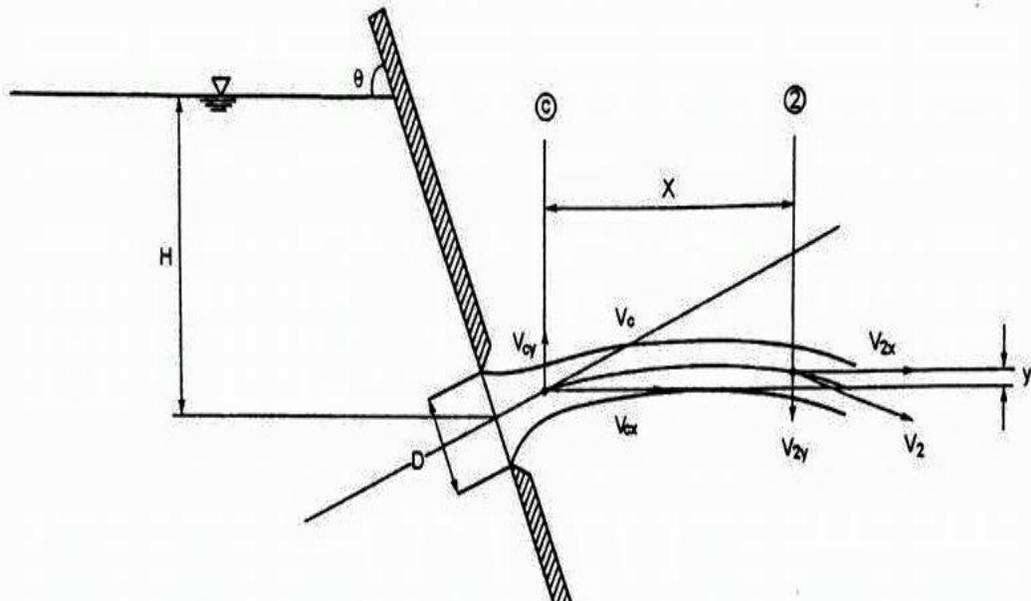


Ilustración 4 – Trayectoria de un chorro descargando libremente

Si $\theta = 0^\circ$ (orificio practicado sobre una pared vertical), al reemplazar en la última expresión y en la ecuación de Bernoulli, y si se sabe que $\tan \theta = \frac{V_{cy}}{V_{cx}}$ y $v^2_{cx} = v^2 \cos^2 \theta$ que se obtiene finalmente:

$$y = -\frac{g}{2V_c^2} X^2$$

$$V_2 = V_c \sqrt{2 + \frac{gx}{V_c^2}}$$

De la primera expresión, en la que se conoce la trayectoria del chorro (x , y) en el punto 2, se puede determinar la velocidad real en la sección contraída en este caso como la pared en la que se encuentra el orificio es vertical la velocidad en la sección contraída es la misma que la de la componente en la dirección x . conocida la velocidad real se determina coeficiente de velocidad

C_v , y conocido el caudal real se calcula coeficiente de descarga, C_d , con lo cual es posible determinar el coeficiente de contracción, C_c , y el área contraída “ (SOTELO, 1982)”.

Encontraremos la diferencia y su clasificación, funcionamiento entre boquilla y orificio

ORIFICIOS Y BOQUILLA

Los orificios intervienen en el diseño de diversas estructuras hidráulicas, para la medida o aforo de los fluidos que escurren. Orificio es cualquier abertura que tiene un perímetro cerrado y que se hace en un muro o división., Sus formas son muy variadas, aunque los más empleados son los circulares y rectangulares. Se considera un orificio de pared delgada a aquel en donde una placa o pared de espesor pequeño medible ha sido taladrada por un agujero y sea producido una arista aguda bien definida en la superficie interior de la placa.

El orificio se utiliza para medir el caudal que sale de un recipiente o pasa a través de una tubería. El orificio en el caso de un recipiente, puede hacerse en la pared o en el fondo. Es una abertura generalmente redonda, a través de la cual fluye líquido y puede ser de arista aguda o redondeada. El chorro del fluido se contrae a una distancia corta en orificios de arista aguda. Las boquillas están constituidas por piezas tubulares adaptadas a los orificios y se emplean para dirigir el chorro líquido. En las boquillas el espesor de la pared e debe estar entre 2 y 3 veces el diámetro d del orificio “ (artemisa.unicauca.edu.co/~hdulica/3_boquillas.pdf)”.

4.1.1 CLASIFICACION DE LOS ORIFICIOS

4.1.1.1. Según el ancho de la pared

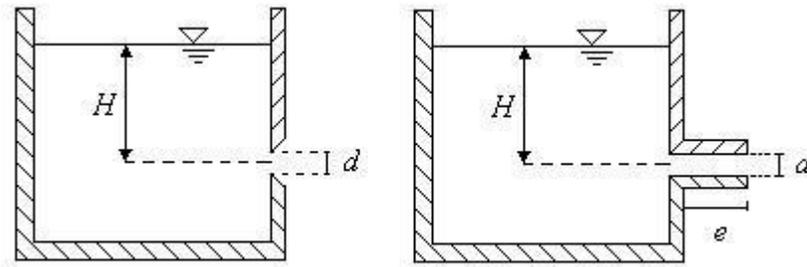


Ilustración 5 - Esquema para diferenciar entre Orificio y Boquilla

Orificios de pared delgada

Es un orificio de pared delgada si el único contacto entre el líquido y la pared es alrededor de una arista afilada y $e < 1.5d$, como se observa en la Figura, Cuando el espesor de la pared es menor que el diámetro ($e < d$) no se requiere bisel “artemisa.unicauca.edu.co/~hdulica/3_boquillas.pdf”.

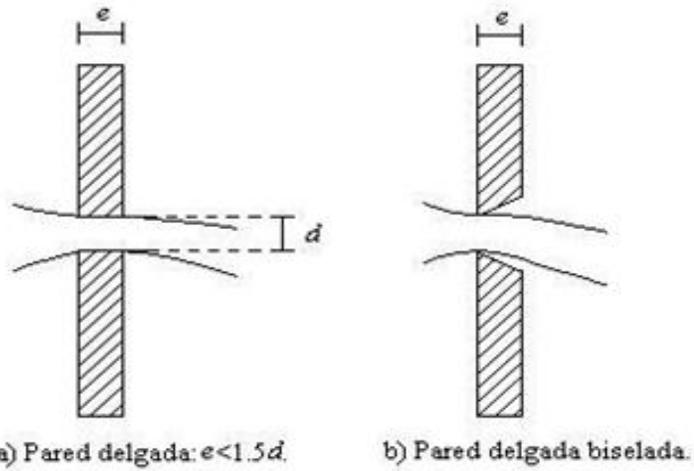


Ilustración 6- Orificios de pared delgada, e espesor de la pared del orificio, d diámetro del orificio.

Orificios de pared gruesa

La pared en el contorno del orificio no tiene aristas afiladas y $1.5d < e < 2d$. Se presenta adherencia del chorro líquido a la pared del orificio.

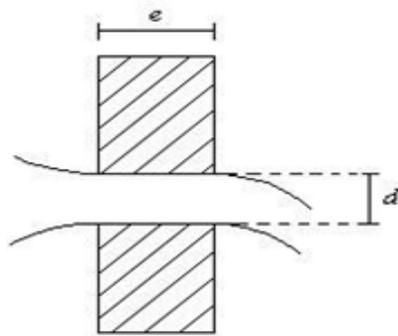


Ilustración 7 - Orificios de pared Guesa.

4.1.1.2. Según la forma

- Orificios circulares.
- Orificios rectangulares.
- Orificios cuadrados.

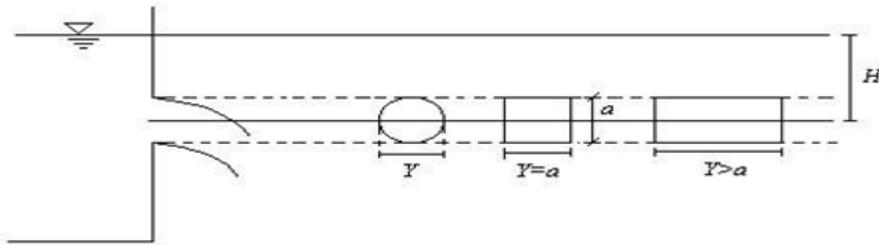


Ilustración 8 - Orificios según la forma.

4.1.1.3. Según sus dimensiones relativas

Los orificios se pueden clasificar según sus dimensiones relativas así:

- Orificios pequeños Si $d < \frac{1}{3} H$.
- Orificios grandes Si $d > \frac{1}{3} H$.

D: diámetro del orificio.

H: profundidad del agua hasta el centro del orificio.

4.1.1.4. Según su funcionamiento

Orificios con descarga libre. En este caso el chorro fluye libremente en la atmósfera siguiendo una trayectoria parabólica.

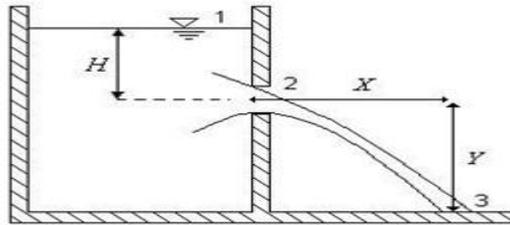


Ilustración 9 – Orificio en descarga libre.

Orificios con descarga ahogada. Cuando el orificio descarga a otro tanque cuyo nivel está por arriba del canto inferior del orificio, se dice que la descarga es ahogada. El funcionamiento es idéntico al orificio con descarga libre, pero se debe tener en cuenta que la carga Δh se mide entre la lámina de flujo antes y después del orificio.

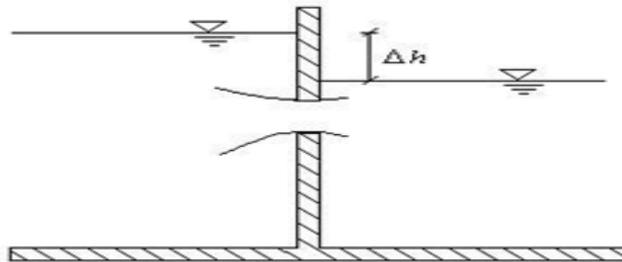


Ilustración 10 – Orificios con descarga ahogada.

4.1.1.5. CLASIFICACION DE LAS BOQUILLAS

- **Cilíndricas**

También denominadas boquillas patrón y de comportamiento similar al de un orificio de pared gruesa. Aquellas, a su vez, están divididas en interiores y exteriores. En las boquillas interiores (o de Borda) la contracción de la vena ocurre en el interior, no necesariamente el chorro se adhiere a las paredes y presenta un coeficiente de descarga que oscila alrededor de 0.51. Para el caso de boquillas cilíndricas externas con la vena adherida a las paredes se tiene un coeficiente de descarga de 0.82.

- **Cónicas**

Con estas boquillas se aumenta el caudal, ya que experimentalmente se verifica que en las boquillas convergentes la descarga es máxima para $\theta = 13^\circ 30'$, lo que da como resultado un coeficiente de descarga de 0.94 (notablemente mayor al de las boquillas cilíndricas). Las boquillas divergentes con la pequeña sección inicial convergente se denominan **Venturi**, puesto que fueron estudiadas por este investigador, que demostró experimentalmente que un ángulo de divergencia de 5 grados y $e = 9d$ permite los más altos coeficientes de descarga.

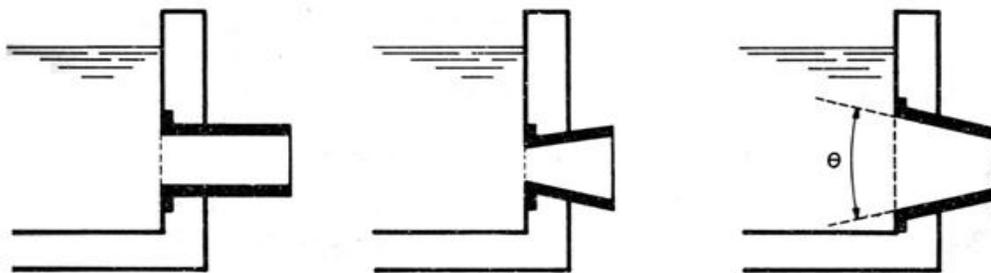


Ilustración 11 – Tipos de boquillas (a) cilíndricas, (b) cónica divergente, (c) cónicas

4.1.1.6. Fórmulas para orificios

El caudal que pasa a través de un orificio de cualquier tipo, está dado por la siguiente ecuación general de patronamiento:

$$Q = KH^M$$

Q: caudal.

K: constante característica del orificio.

H: carga hidráulica medida desde la superficie hasta el centro del orificio.

M: exponente.

4.1.1.7. Cálculo de la velocidad teórica VT

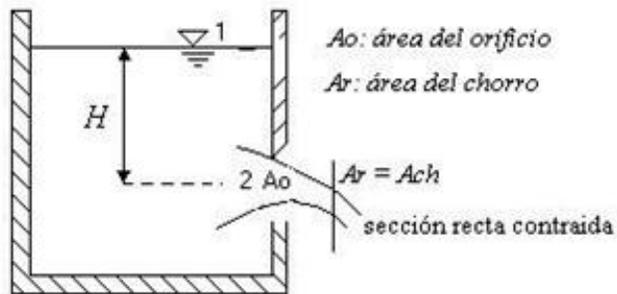


Ilustración 12 Aplicación de la ecuación de energía entre 1-2

Para el caso de un estanque libre la velocidad y presión relativa son nulas ($V_1=0, P_1=0$), si el chorro en 2 está en contacto con la atmósfera $P_2=0$, y despreciando pérdidas h_p , se tiene que la velocidad teórica en 2 es:

4.1.1.8. Coeficientes de flujo

Coeficiente de descarga C_d : es la relación entre el caudal real que pasa a través del dispositivo y el caudal teórico.

$$C_d = \frac{Q_{\text{Real}}}{Q_{\text{Teórico}}} = \frac{V_R * A_{ch}}{V_t * A_0}$$

$$Q = C_d A_0 \sqrt{2gH} \rightarrow C_d = \frac{Q}{A_0 \sqrt{2gH}}$$

Q: caudal.

VR: velocidad real.

A_{ch}: área del chorro o real.

V_t: velocidad teórica.

A₀: área del orificio o dispositivo.

H: carga hidráulica.

Este coeficiente C_d no es constante, varía según el dispositivo y el Número de Reynolds, haciéndose constante para flujo turbulento ($Re > 105$) como se observa en la Figura de abajo.

También es función del coeficiente de velocidad C_v y el coeficiente de contracción C_c “
(artemisa.unicauca.edu.co/~hdulica/3_boquillas.pdf)”.

Coeficiente de velocidad C_v : es la relación entre la velocidad media real en la sección recta de la corriente (chorro) y la velocidad media ideal que se tendría sin rozamiento.

$$C_v = \frac{V_R}{V_t}$$

Coeficiente de contracción C_c : Relación entre el área de la sección recta contraída de una corriente (chorro) y el área del orificio a través del cual fluye “
(artemisa.unicauca.edu.co/~hdulica/3_boquillas.pdf)”.

$$C_c = \frac{A_{ch}}{A_0}$$

$$C_d = C_v C_c$$

CAPITULO 5

RECOLECCION DE INFORMACION, DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL EQUIPO HIDRAULICO

5.1 VISITAS A LUGARES SIMILARES

Se realizó una visita a la Corporación Universitaria Minuto de Dios el día 13 de marzo del 2015 a las 2:00 pm, donde se observó el equipo hidráulico “orificios de descarga libre” que fue realizado por los estudiantes egresados de ingeniería civil, el laboratorista nos realizó una explicación detallada del funcionamiento del equipo hidráulico aproximadamente de 2 horas.

La visita a la corporación universitaria minuto de Dios sede regional Bogotá nos sirvió como punto de referencia para evaluar y conocer el correcto funcionamiento que debe tener un equipo de orificios de descarga libre. En el transcurso de la visita se hizo uso de los implementos y el equipo de laboratorio “orificios de descarga libre” los cuales fueron una probeta de 1000 ml y un cronometro, realizamos 5 ensayos por cada uno de los orificios: circular, cuadrado, rectangular para determinar el caudal, velocidad y la trayectoria del chorro.

Esta práctica nos permitió identificar la forma en la cual se pueden corregir los problemas más frecuentes que se presentan en el sistema. Entre los problemas más notorios se encuentran el gasto de agua que ocurre para poder abastecer los tanques y el canal, debido a que no existe circulación constante del fluido. esto a su vez ocasiona desperdicio abundante de agua puesto que el agua utilizada para cada una de las pruebas tiene que ser desechada al final de cada una de estas, la manera en la cual se ha corregido el defecto es implementado un sistema de recirculación

de agua. Lo cual permitirá que el sistema se auto sostenible en el consumo de agua requerida para cada una de las etapas del ensayo.

La maniobrabilidad y versatilidad es otro punto importante en el cual se puede hacer énfasis puesto que el equipo que se encuentra en la sede de Bogotá es estático y bastante complejo. Esto se ve representado en el momento que se dese efectuar una reparación o se requiera realizar un desmontaje del equipo. La forma en la cual corregimos este impedimento técnico fue instalando un sistema de ruedas que permite un desplazamiento del equipo otorgándole la facultad ser manipulado y transportado a donde se requerido.

De la foto 1-5 se observa el funcionamiento del equipo hidráulico “orificios de descarga libre”

FOTO N° 1: El nivel en el tanque es constante, debe estar de esta manera para poder realizar las pruebas de laboratorio



FOTO TOMADA POR EMILY SANCHEZ MORA

FOTO N° 2. Se destapo el orificio rectangular para poder observar la trayectoria del chorro y calcular el caudal (Q).



FOTO TOMADA POR EMILY SANCHEZ MORA

FOTO N° 3. Esperando que la vena liquida o chorro sea constante para poder determinar la trayectoria.



FOTO TOMADA POR EMILY SANCHEZ MORA

FOTO N° 4. Anotando las coordenadas tanto en el eje X como el eje Y, para obtener datos precisos de la trayectoria del chorro



FOTO TOMADA POR EMILY SANCHEZ MORA

5.2 MATERIALES:

De acuerdo a lo investigado en los libros y observado en el laboratorio de la Corporación Universitaria Minuto de Dios Bogotá, definimos las dimensiones del equipo hidráulico “orificios de descarga libre” y materiales:

- ❖ Material vidrio templado 5mm
- ❖ Dimensiones tanque 1: ancho 0.40mt, alto 1.50mt, largo 0.50
- ❖ Dimensiones tanque 2:
- ❖ Dimensiones canal : ancho 0.40mt, alto 0.30mt, largo 1.50
- ❖ Tres orificios :
 - ✓ Cuadrado (1,5cmx1,5cm)
 - ✓ Circular (ø 1,5cm)
 - ✓ Rectangular (2cmx1,5cm)
- ❖ Maquina hidráulica (Motobomba) ½ horsepower (Hp)
- ❖ Tubería de 1” y 2”
- ❖ Interruptor de encendido
- ❖ Estructura del equipo será fabricada con Angulo galvanizado de calibre 1-1/2”x3/16

- ❖ Tapones (circulares, rectangulares y cuadrados)

- ❖ Calibrador “ pie de rey”

- ❖ Probeta 1000ml

- ❖ Cronometro

- ❖ Flexo metro

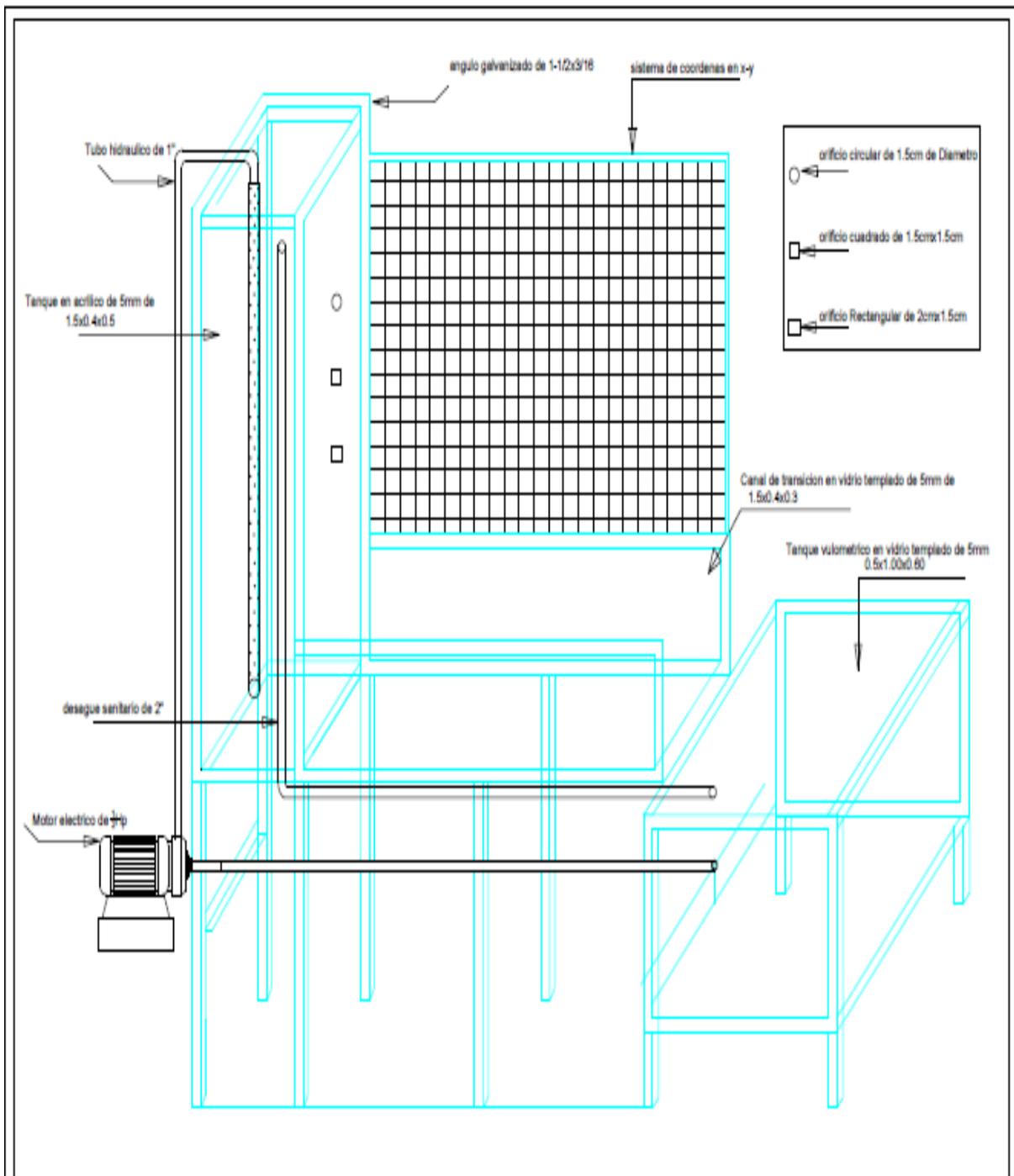
5.3 ESQUEMA DE LA INSTALACION

El montaje para el desarrollo de la práctica está conformado por:

Tanque en estructura metálica de sección transversal rectangular constante. Todas las paredes son de vidrio templado 5mm, mientras que la pared donde se encuentra los orificios es de acrílico transparente. El tanque dispone de un sistema de alimentación y otro de recirculación que permiten garantizar un nivel constante. En la figura se presenta un esquema detallado de la instalación. Cuenta con Tres orificios: un orificio de sección circular, otro orificio de sección cuadrada y el ultimo orificio de sección rectangular perforados en diferente posición vertical sobre una de las paredes del tanque.

El canal en vidrio templado 5mm que sirve para recoger el caudal evacuado por los orificios que descargan libremente. Tanque en vidrio templado y probeta para medida volumétrica de caudales, y por ultimo tenemos los tapones, el cronometro.

A continuación veremos el esquema del equipo hidráulico:



MONTAJE DEL EQUIPO HIDRAULICO “ ORIFICIOS DE CAIDA LIBRE”

5.4 PROCESO CONSTRUCTIVO

El proceso de construcción del equipo hidráulico “orificios de descarga libre” inicio el 20 de febrero y culmino el 8 Mayo. A Continuación se relacionaran las fotografías con la actividad para realizar el equipo hidráulico.

FOTO 5: Corte de ángulo Galvanizado de 1-1/2”-3/16” y platina de 1-1/2”



Fuente: autores

FOTO N° 6: Soldando estructura (2 kg de soldaduras)



Fuente: autores

FOTO N° 7: Aplicando pintura epoxica



Fuente: autores

FOTO N° 8: unión tanque principal con el canal de salida



Fuente: autores

FOTO N° 9: Instalando acrílico (5mm) con sus orificios, al tanque principal



Fuente: autores

FOTO N° 10: Sellando con silicona una de caras del canal



Fuente: autores

FOTO N° 11: Cortando tubo presión 1 pulg



Fuente: autores

FOTO N° 12: Instalación maquina hidráulica de succión de agua “moto bombas ½ hp” al equipo hidráulico



fuelle: autores

FOTO N° 13: Instalación tubos presión al tanque principal



Fuente: autores

FOTO N° 14: Instalación tubos presión 1 pulg que sirve para recirculación del agua



Fuente: autores

FOTO N°15: Sellado tubo hidráulico (1 ½ pulg) que sirve de desfogue.



Fuente: autores

FOTO N° 16: Instalación cuadrícula para poder determinar la trayectoria del chorro



Fuente: autores

CAPITULO 6

PRUEBAS DEL EQUIPO

6.1 DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

FOTO N° 17: El primer paso es colocar los tapones a todos los orificios



FUENTE: AUTORES

FOTO N° 18 Se llena el tanque y se dejar un borde libre, Se Verificar que el caudal de alimentación al tanque es cero.



FUENTE: AUTORES

FOTO N° 19: Se selecciona uno de los orificios, preferiblemente el que se encuentre en la parte inferior (los otro deben de estar tapados).



FUENTE: AUTORES

FOTO N° 20: Con la probeta de 1000ml y el cronometro en cero. Se destapa el orificio para este caso el rectangular y con los implementos mencionados se determina el caudal (Q) en segundos.



FUENTE: AUTORES

FOTO N° 21: Con el calibrador (pie de rey), se mide las dimensiones que tiene la vena líquida para determinar el área contraída, también se mide el área real del orificio, estos datos nos sirven para hallar el coeficiente de contracción.



FUENTE: AUTORES

FOTO N° 22: se toman las coordenadas con el flexómetro, tanto en el eje x como en eje (Y) y obtendremos la trayectoria del chorro.



FUENTE: AUTORES

Se determinará experimentalmente los coeficientes de velocidad C_v , contracción, C_c , y descarga, C_d , a partir de la trayectoria del chorro y del caudal medido volumétricamente. Los coeficientes deben determinarse para diferentes valores del número de Reynolds, (para diferentes valores de la carga por encima del orificio). En cada experimento es indispensable que el nivel en el tanque sea constante. Es necesario realizar como mínimo 5 experimentos. Determinar, en cada caso, las pérdidas de energía.

Se debe representar los diferentes valores de los coeficientes que determinamos para cada número de Reynolds y así realizar un gráfico típico de variación de los coeficientes en variación del número de Reynolds.

Repetir los pasos para los orificios que hacen falta de sección cuadrada y circular.

A continuación anexaremos la nomenclatura, las fórmulas utilizadas para determinar el ensayo y la tabla de datos de la práctica que nos darán a entender más fácilmente los cálculos reales y teóricos:

NOMENCLATURA:

D: densidad.

U: viscosidad.

G: gravedad.

V: volumen.

T: tiempo.

Qr: Caudal real.

H: Carga Hidráulica.

\emptyset : Diámetro.

A_o : área del orificio.

A_c : área del contraída.

V_r : velocidad real.

V_t : velocidad Teórica.

X : Distancia en sobre el eje(x).

Y : Distancia en sobre el eje(y)

C_d : coeficiente de descarga.

C_c : coeficiente de contracción.

C_v : coeficiente de velocidad.

Re : número de Reynolds.

TABLA DE DATOS PRACTICA-ORIFICIOS DE DESCARGA LIBRE CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS SEDE GIRARDOT FACULTAD DE INGENIERIA- PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

ORIFICIO	
DENSIDAD (gr/cm ³)	
VISCOSIDAD T 20°C (gr/cm ² seg)	
GRAVEDAD (cm/seg ²)	

FECHA _____

ORIFICIO DE DESCARGA DE CAIDA LIBRE																				
No.	Volumen (cm ³)	Tiempo(s eg)	Q _r (cm ³ /s)	Q _r (cm ³ /s)	H (cm)	b(cm)	h(cm)	b vena Lq(cm)	h vena Lq(cm)	Ao(cm ²)	Ac(cm ²)	V _r (cm/seg)	V _r (cm/seg)	X (cm)	Y (cm)	C _d	C _v	C _c	Re	

Carga H=4cm	
Q _r promedio (cm ³ /seg)	
V _r promedio (cm/seg)	
Re promedio	

Carga H=34cm	
Q _r promedio (cm ³ /seg)	
V _r promedio (cm/seg)	
Re promedio	

V = Volumen tomado con probeta
T = Tiempo tomado con cronometro
 $Q_r = V/T$
 $Q_t = A_o \cdot V_t$
 $H = \text{carga Hidraulica}$
 $\emptyset = \text{diametro del orificio}$
 $\emptyset \text{ Vena Lq} = \text{diametro de la vena Lq}$
 $b = \text{base del orificio}$
 $h = \text{Altura del orificio}$
 $b \text{ V}lq = \text{base de la vena Lq}$
 $h \text{ V}lq = \text{altura de la vena Lq}$
 $A_o = b \cdot h$
 $Ac = b \text{ V}lq \cdot h \text{ V}lq$
 $V_r = x / \text{raiz}(y^2/g)$
 $V_t = \text{raiz}(H^2/g)$
 $x = \text{distancia Horizontal del chorro}$
 $y = \text{ditanca vertical del chorro}$
 $C_d = C_c \cdot C_v$
 $C_v = V_r/V_t$

GRUPO			
INTEGRANTES			
N°	NOMBRES	FIRMA	ID

DOCENTE DE LA PRACTICA	
NOMBRE	FIRMA

FORMULAS EMPLEADAS EN LA PRUEBA

Densidad: la de Fluido

Viscosidad: según la temperatura del líquido.

Gravedad: 981 gr/cm²

Volumen: se obtiene por medición en la probeta. (Columna1)

Tiempo: tiempo en segundos en que se llena la probeta. (Columna2)

Caudal Real: volumen/tiempo. (Columna3)

H: altura medida desde la lámina de agua al centro de cada orificio. (Columna4)

∅: Diámetro del orificio en centímetros. (Columna5)

Ao: $\pi/4 (d)^2$ para orificio circular. (Columna6)

Ao: $b \times h$ para orificio cuadrado y rectangular. (Columna6)

Ac: medida directamente desde el chorro con el calibrador. (Columna7)

Vr: caudal real/área del orificio. (Columna8)

Vt: Raíz $(h \cdot 2 \cdot g)$. (Columna9)

X: distancia tomada con el flexo metro. (Columna10)

Y: distancia tomada con el flexo metro. (Columna11)

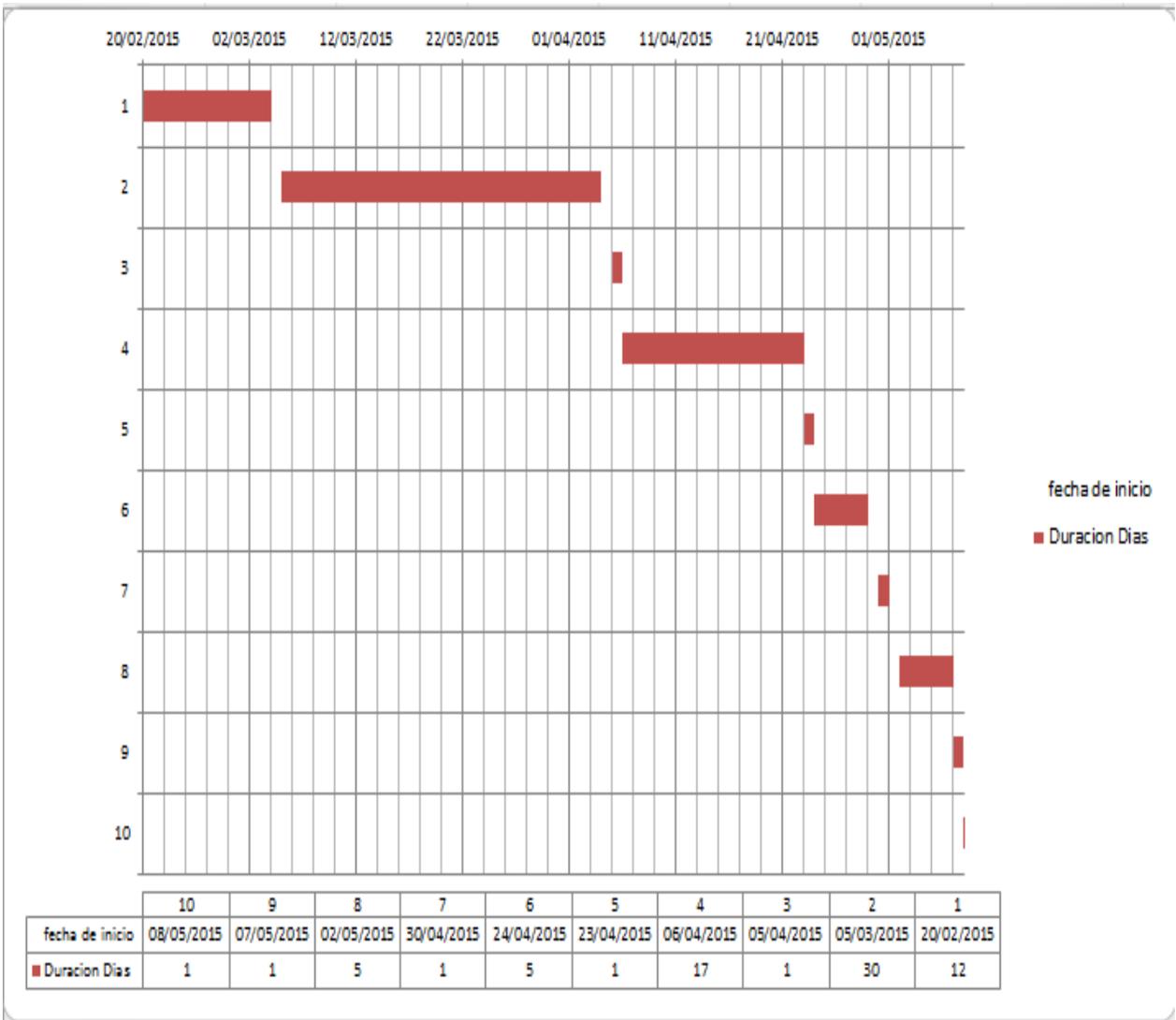
Cd: $C_c \cdot C_v$. (Columna12)

Cc: A_o/A_c . (Columna13)

Cv: V_r/V_t . (Columna14)

Re: $(V_t \cdot D) / (\nu)$. (Columna15)

6.2 CRONOGRAMA DE TRABAJO



6.3 RECOMENDACIONES Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA OPERACIÓN PARA EL CORRECTO USO EQUIPO HIDRAULICO

- Llenar el tanque y garantizar que la recirculación del fluido funcione, para mantener el nivel que se manejó al principio.
- Cuando se encienda el equipo hidráulico, solo lo debe manipular un estudiante o el laboratorista para evitar el daño.
- Tener aislado el cronometro y el flexo metro del agua, para evitar el daño y así alargar su vida útil.
- El fluido “agua” a utilizar debe estar libre de impurezas.
- La probeta se utilizar adecuadamente sin ser golpeada, la utilizamos para calcular el caudal, por eso debe estar en óptimas condiciones.
- Los tapones utilizados para los orificios, se deben dejar en el sitio respectivo para evitar su perdida.
- Se recomienda que al terminar el laboratorio se deben dejar seco, limpio los tanques y el canal
- El laboratorio debe estar en condiciones adecuadas (sin papeles, agua y organizado todos los implementos utilizados).

- El equipo hidráulico es móvil, pero se recomienda para evitar que se des calibre no se debe mover.
- Los estudiantes deben manipular el equipo con precaución.
- Si hay muchos estudiantes en el laboratorio, el laboratorista debe hacer grupos para que todos puedan observar y manipular el equipo sin dañarlo.
- No se debe realizar juegos, ni comer dentro del laboratorio.

PRESUPUESTO

TABLA DE COSTOS PARA LA CONSTRUCCION DE EQUIPO HIDRAULICO DE ORIFICIOS DE DESCARGA LIBRE					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR/ UNT	VALOR /TOTAL
1	ESTRUCTURA METALICA				
1.1	Angulo galvanizado de 1-1/2"x3/16"	MI	30	\$6.000,00	\$180.000,00
1.2	Platina 1/2"	MI	6	\$7.500,00	\$45.000,00
1.3	Anticorrosivo 1/8	Und	1	\$25.000,00	\$25.000,00
1.4	Pintura 1/16	Und	1	\$18.000,00	\$18.000,00
1.5	Mano de obra	Glo	1	\$500.000,00	\$500.000,00
				Sub Total	768.000,00
2	INSTALACIONES HIDRAULICAS				
2.1	Tuberia Hidraulica pvc de 2"	MI	6	\$5.833,00	\$34.998,00
2.2	Tuberia Hidraulica pvc de 1/2"	MI	6	\$4.000,00	\$24.000,00
2.3	Codos pvc de 2"	Und	2	\$1.500,00	\$3.000,00
2.4	Codos pvc de 1/2"	Und	3	\$800,00	\$2.400,00
2.5	Uniones pvc de 2"	Und	2	\$1.600,00	\$3.200,00
2.6	Uniones pvc de 1/2"	Und	2	\$750,00	\$1.500,00
2.7	Cinta teflon	Und	2	\$2.300,00	\$4.600,00
2.8	Soldadura pvc "1/16"	Und	1	\$6.500,00	\$6.500,00
2.9	Registro de 1/2"	Und	1	\$3.000,00	\$3.000,00
				Sub Total	\$83.198,00
3	TANQUES EN VIDRIO TEMPLADO DE "6mm"				
3.1	Transporte del equipo	Glo	1	\$35.000,00	\$35.000,00
3.2	perforaciones	Und	6	\$20.000,00	\$120.000,00
3.3	Mano de obra e instalacion	Glo	1	\$1.400.000,00	\$1.400.000,00
				Sub Total	\$1.555.000,00
4	Otros				
4.1	visita a laboratorio de hidraulica de uniminuto Bogota	Glo	1	\$250.000,00	\$250.000,00
4.2	Motor electrico para circulacion del Fluido	Und	1	\$185.000,00	\$185.000,00
4.3	Interruptor de encendido del motor electrico	Und	1	\$48.500,00	\$48.500,00
4.4	Ruedas para el transporte del sistema	Und	10	\$22.000,00	\$220.000,00
4.5	Cuadrícula Incluye soporte en angulo de 3/4" e instalacion	Glo	1	\$140.000,00	\$140.000,00
4.6	Probeta de medicion de 1000 ml	Und	1	\$55.000,00	\$55.000,00
4.7	cronometro	Und	1	\$32.500,00	\$32.500,00
4.8	Tapones de Goma	Und	3	\$15.000,00	\$45.000,00
4.9	Silicona	Und	3	\$8.000,00	\$24.000,00
				Sub Total	\$1.000.000,00
				Total	\$3.406.198,00

CONCLUSION

El proyecto de orificios de descarga de caída libre permitió identificar las variables e inconsistencia que se presentaron en el transcurso de la ejecución del proyecto., Como primera instancia se pudo deducir que este proyecto esta acogido a una serie de variables físicas y químicas entre las cuales se encuentran: la carga hidráulica Esta influye en la velocidad líquido en el momento en el cual está siendo descargado a través del orificio. La distancia o trayectoria en los ejes x, y se encuentran vinculado directamente con la carga entre mayor sea la carga la distancia aumentara proporcionalmente a la misma. Otra de las variables que predomina en la prueba es la densidad del fluido debido a que esta junto con la velocidad y viscosidad del fluido determina el número de Reynolds el cual nos indica que tipo de fluido se está manejando, la viscosidad está sujeta a la temperatura del fluido en el momento de realizar la prueba esta nos indica por tablas con qué tipo de viscosidad se debe trabajar. Por lo cual podemos deducir que el clima es un factor que influye indirectamente en esta prueba debido a que la temperatura ambiente del agua cambia de acuerdo al clima en el cual se encuentre el equipo de laboratorio.

La visita a laboratorios de otras universidades nos permitió conocer el funcionamiento que debe tener este ensayo puesto que se desconocía la forma en la cual debía operar. Con esta también se pudo evidenciar las partes y los componentes de este equipo de laboratorio y la manera en la cual se debe intervenir para mejorar su eficacia. Se decidió por implementarle al sistema un motor eléctrico de succión de $\frac{1}{2}$ Hp con la finalidad de que el agua contenida en los tanques este en constante circulación proporcionándole al sistema auto sostenibilidad en el consumo de agua para poder realizar el ensayo, el equipo está dotado de una serie de ruedas las cuales le otorgan la facultad de desplazarlo en forma rápida y eficaz. Otra de las mejoras hechas al sistema y no mostradas por

equipos similares es la manera en la cual se deben retirar los tapones en cargados de obstruir el orificio. Durante el transcurso de la visita se nos mostró que para poder retirar los tapones se debía sumergir el brazo dentro del tanque por esta razón decidimos fabricar tapones en silicona que al ser puesto en su respectivo orificio tienen la propiedad de expandirse y quedar ajustados dentro de estos de igual manera pueden ser retirados desde la parte externa del tanque.

Como recomendaciones operativas y constructivas se hacen las siguientes: los ensayos se deben realizar tomando distintos tipos de carga hidráulica para poder ver la funcionalidad del equipo, la capacidad de los tanques no debe exceder la capacidad de la motobomba para poder garantizar una estabilidad en el fluido dentro del sistema, el panel donde están ubicados los orificios debe ser construido en vidrio templado y no en acrílico puesto que este tiende a deformarse cuando el tanque se encuentra a un 100% de su capacidad.

BIBLIOGRAFIA

- http://artemisa.unicauca.edu.co/~hdulica/3_boquillas.pdf
- Sotelo Ávila, Gilberto, hidráulica general, tomo 1, Editorial Limusa, 1985.
- Streeter, Víctor; Wylie, Benjamín, Mecánica de los fluidos, 8^a ed., Nueva York, Editorial McGraw Hill, 1985

ANEXOS

ANEXO 1

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ENSAYO ORIFICIOS DE CAIDA LIBRE

1. Orificio circular

TABLA DE DATOS PRACTICA-ORIFICIOS DE DESCARGA LIBRE	
CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS SEDE GIRARDOT	
FACULTAD DE INGENIERIA- PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL	

ORIFICIO	Circular
DENSIDAD (gr/cm³)	1
VISCOSIDAD T 20°C (gr/cm*seg)	0,1003
GRAVEDAD(cm/seg²)	981

FECHA _____

ORIFICIO DE DESCARGA DE CAIDA LIBRE																
No.	Volumen (cm ³)	Tiempo (seg)	Qr (cm ³ /s)	H (cm)	Ø(cm)	Ø Vena Lq(cm)	Ao(cm ²)	Ac(cm ²)	Vr(cm/seg)	Vt(cm/seg)	X (cm)	Y (cm)	Cd	CV	Cc	Re
1	965	2,65	364,2	24	1,5	1,23	1,767	1,1882	206,07	216,998	0,95	1,10	0,639	0,950	0,672	2163,5
2	930	2,48	375,0	28	1,5	1,34	1,767	1,4103	212,21	234,384	0,98	1,10	0,723	0,905	0,798	2115,7
3	865	2,19	395,0	30	1,5	1,39	1,767	1,5175	223,51	242,611	1,03	1,10	0,791	0,921	0,859	2228,4
4	885	2,17	407,8	32	1,5	1,43	1,767	1,6061	230,79	250,567	1,07	1,10	0,837	0,921	0,909	2301
5	867	2,32	373,7	34	1,5	1,45	1,767	1,6513	211,47	258,279	1,09	1,10	0,765	0,819	0,934	2108,4

GRUPO			
INTEGRANTES			
N°	NOMBRES	FIRMA	ID

DOCENTE DE LA PRACTICA	
NOMBRE	FIRMA

GRAFICO DE LA TRAYECTORIA DEL CHORRO	
X(m)	Y(m)
0	1,1
0,47	0,9
0,67	0,6
0,7	0,48
0,75	0,42
0,8	0,33
0,95	0

TABLA 1 – COORDENADAS PARA GRAFICAE TRAYECTORIA DEL CHORRO

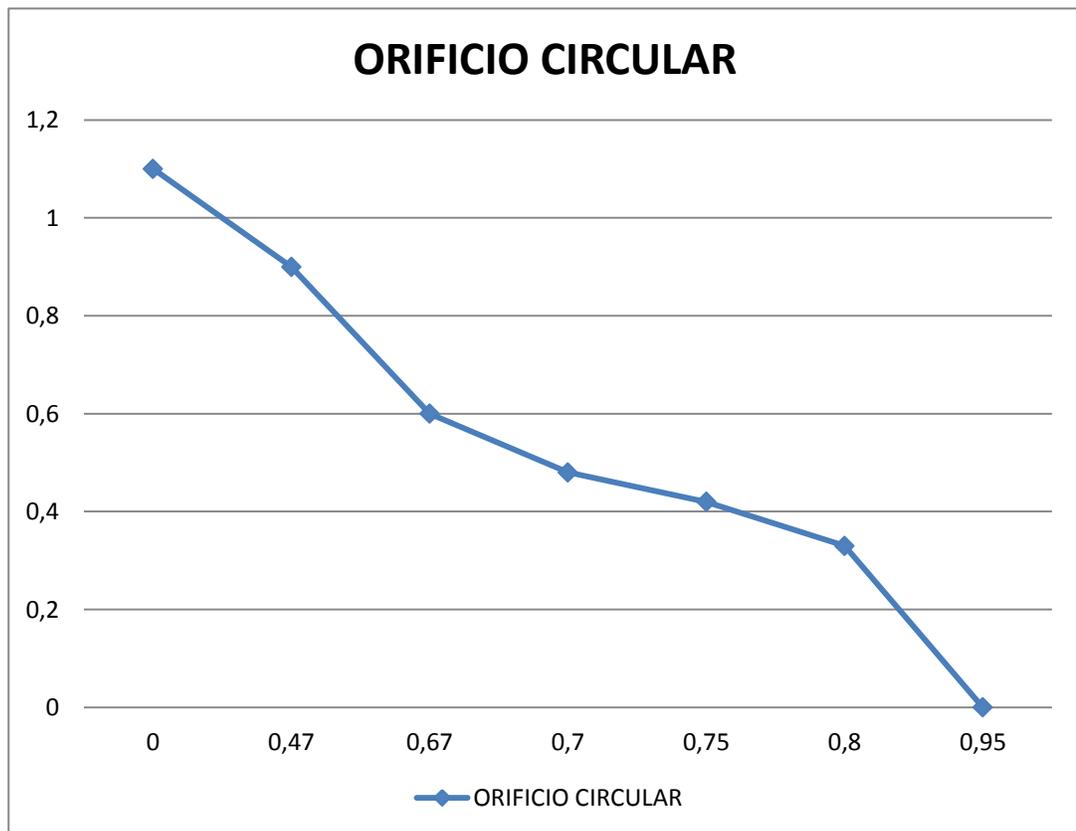


Ilustración 1 – GRAFICA TRAYECTORIA ORIFICIO CIRCULAR

2. ORIFICIO CUADRADO

TABLA DE DATOS PRACTICA-ORIFICIOS DE DESCARGA LIBRE
CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS SEDE GIRARDOT
FACULTAD DE INGENIERIA- PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

ORIFICIO	cuadrado
DENSIDAD (gr/cm ³)	1
VISCOSIDAD T 20°c (gr/cm ³ *seg)	0,1003
GRAVEDAD(cm/s ²)	981

FECHA _____

ORIFICIO DE DESCARGA DE CAIDA LIBRE																		
No.	Volumen (cm ³)	Tiempo (seg)	Q_r (cm ³ /s)	H (cm)	b(cm)	h(cm)	b vena Lq(cm)	h vena Lq(cm)	Ao(cm ²)	Ac(cm ²)	Vr(cm/seg)	Vt(cm/seg)	X (cm)	Y (cm)	C_d	C_v	C_e	Re
1	850	1,57	541,4	44	1,5	1,5	1,22	1,22	2,25	1,4884	240,623	293,816	1,24	0,905	0,542	0,819	0,662	2399,03
2	895	1,8	497,2	46	1,5	1,5	1,32	1,32	2,25	1,7424	220,988	300,420	1,27	0,905	0,570	0,736	0,774	2995,21
3	910	1,97	461,9	48	1,5	1,5	1,38	1,38	2,25	1,9044	205,302	306,881	1,29	0,905	0,566	0,669	0,846	3059,63
4	930	2,2	422,7	50	1,5	1,5	1,42	1,42	2,25	2,0164	187,879	313,209	1,32	0,905	0,538	0,600	0,896	3122,72
5	915	2,16	423,6	52	1,5	1,5	1,73	1,73	2,25	2,9929	188,272	319,412	1,35	0,905	0,784	0,589	1,330	3184,57

GRUPO			
INTEGRANTES			
N°	NOMBRES	FIRMA	ID

DOCENTE DE LA PRACTICA	
NOMBRE	FIRMA

GRAFICO DE LA TRAYECTORIA	
X(m)	Y(m)
0	0,91
0,86	0,9
0,96	0,8
1,02	0,7
1,05	0,5
1,06	0,3
1,24	0

TABLA 2 – COORDENADAS PARA GRAFICAE TRAYECTORIA DEL CHORRO

Ilustración 1 – GRAFICA TRAYECTORIA ORIFICIO CIRCULAR

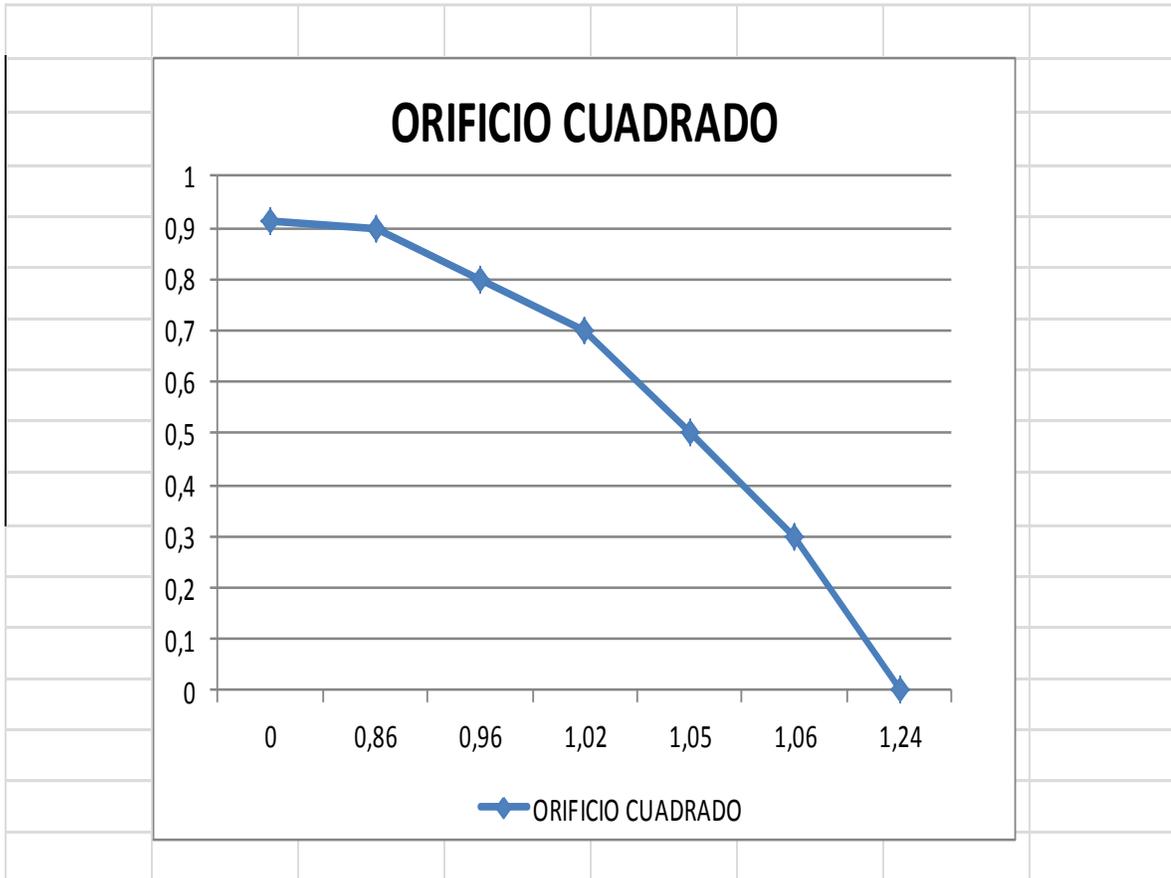


Ilustración 2 – GRAFICA TRAYECTORIA ORIFICIO CUADRADO

3. ORIFICIO RECTANGULAR

TABLA DE DATOS PRACTICA-ORIFICIOS DE DESCARGA LIBRE	
CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS SEDE GIRARDOT	
FACULTAD DE INGENIERIA- PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL	

ORIFICIO	Rectangular
DENSIDAD (gr/cm ³)	1
VISCOSIDAD T 20°C (gr/cm ² seg)	0,1003
GRAVEDAD(cm/seg ²)	981

FECHA _____

ORIFICIO DE DESCARGA DE CAIDA LIBRE																		
No.	Volumen (cm ³)	Tiempo(seg)	Qr (cm ³ /s)	H (cm)	b(cm)	h(cm)	b vena Lq(cm)	h vena Lq(cm)	Ao(cm ²)	Ac(cm ²)	Vr(cm/seg)	Vt(cm/seg)	X (cm)	Y (cm)	Cd	Cv	Cc	Re
1	860	1,54	558,4	64	1,5	2	1,26	1,67	3	2,1042	186,147	354,356	133	71	0,368	0,525	0,701	3532,96
2	940	1,6	587,5	66	1,5	2	1,32	1,73	3	2,2836	195,833	359,850	135	71	0,414	0,544	0,761	3587,74
3	800	1,39	575,5	68	1,5	2	1,37	1,82	3	2,4934	191,847	365,262	139	71	0,437	0,525	0,831	3641,69
4	860	1,34	641,8	70	1,5	2	1,43	1,86	3	2,6598	213,930	370,594	1,42	71	0,512	0,577	0,887	3694,86
5	810	1,38	587,0	72	1,5	2	1,46	1,94	3	2,8324	195,652	375,851	1,46	71	0,491	0,521	0,944	3747,27

GRUPO			
INTEGRANTES			
N°	NOMBRES	FIRMA	ID

DOCENTE DE LA PRACTICA	
NOMBRE	FIRMA

GRAFICO DE LA TRAYECTORIA	
X(m)	Y(m)
0	0,64
0,6	0,6
0,92	0,5
0,95	0,4
1,05	0,3
1,1	0,17
1,33	0

TABLA 3 – COORDENADAS PARA GRAFICAE TRAYECTORIA DEL CHORRO

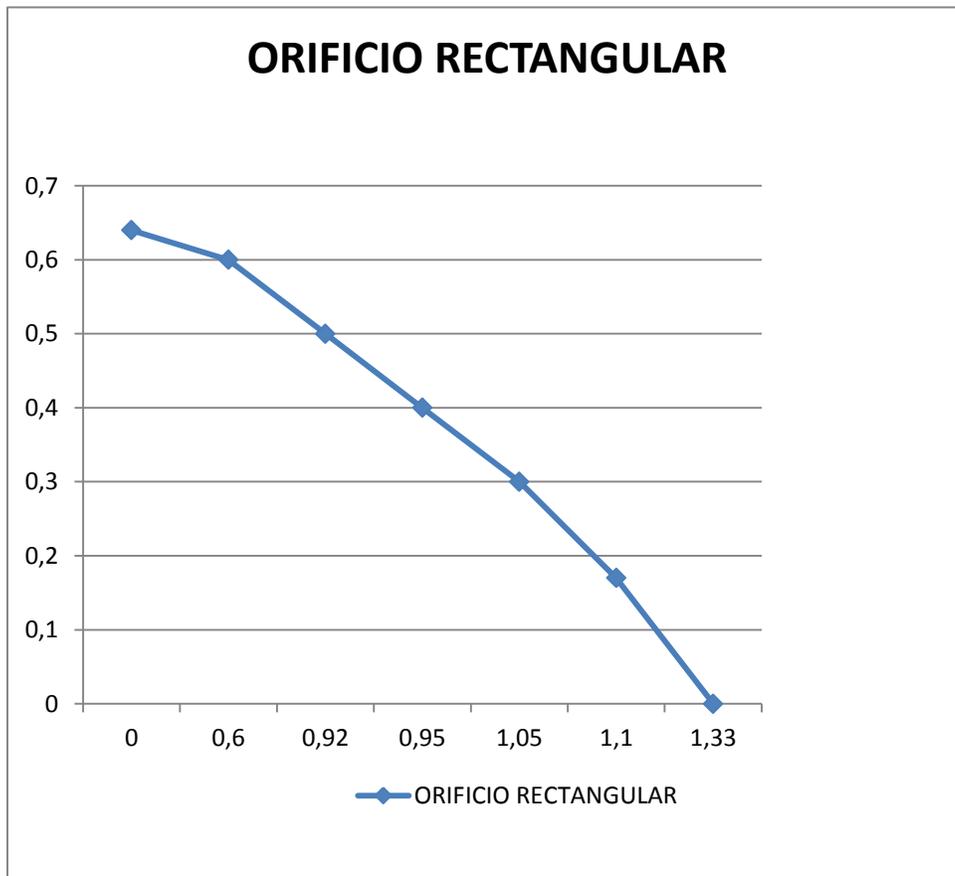


Ilustración 3 – GRAFICA TRAYECTORIA ORIFICIO RECTANGULAR

ANEXO 2

GUIA DE LABORATORIO ORIFICIOS DE CAIDA LIBRE



CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS

UNIMINUTO FACULTAD INGENIERIA CIVIL
Corporación Universitaria Minuto de Dios

TITULO: ORIFICIOS DE CAIDA LIBRE

ASIGNATURA: MECANICA DE FLUIDOS

1. INTRODUCCION

La práctica de orificios de descarga libre nos permitió ver como varía el caudal de acuerdo a la carga o cabeza que tiene el tanque o el embalse, el siguiente informe pretende calcular el caudal que sale por cada uno de los orificios de acuerdo con la altura del embalse y otros parámetros como el diámetro del orificio así como las coordenadas de salida, calcular cual va a ser el gasto es de gran importancia, porque también nos permite determinar el tiempo en el que se desocupa el tanque, así como que influencia tiene la forma del orificio en la descarga. En la vida práctica sin saber cómo es la descarga según el orificio no se podrían realizar ciertos dispositivos de uso diario de tipo hidráulico.

Un orificio es una abertura limitada por una curva cerrada de forma regular que da paso a una corriente de agua. A un orificio con la superficie lateral prolongada, por ejemplo,

con longitud dos o tres veces el diámetro, o cuando se a practicado una abertura de pared gruesa se llama tubo. A la corriente de agua que sale por un orificio se llama vena líquida o vena fluida, y a la altura del manto de agua que produce la descarga, se llama carga. A un orificio cuyo borde es agudo se llama arista viva. El caudal de llegada es el que conduce hasta un orificio y a la velocidad media del líquido en este canal se le llama velocidad e llegada o acceso y a la velocidad media del líquido en la vena, se le llama velocidad en la vena. Si la vena descarga al aire, el orificio tiene descarga libre. Se califica a un orificio de vertical u horizontal según esté situado en un plano vertical o en uno horizontal (figura 1). Los orificios pueden ser circulares, cuadrados, rectangulares o de cualquier otra forma regular.

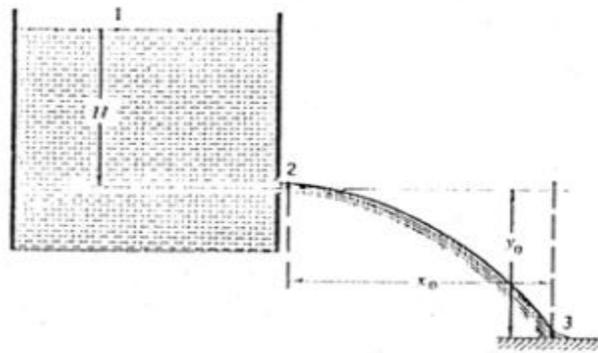


Figura 1

2. OBJETIVOS DEL ENSAYO

2.1 OBJETIVO GENERAL

- Estudiar la descarga libre de fluidos a través de medidores o reguladores de caudal (diferentes tipos de orificios).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el caudal del orificio de descarga experimentalmente.
- Ver como varía el número de Reynolds de acuerdo a los coeficientes de descarga ya calculados.
- Determinar los tiempos respectivos de descarga para un orificio descargando y tres orificios descargando simultáneamente.
- Determinar experimentalmente los coeficientes de contracción, velocidad y el coeficiente de caudal para tres diferentes tipos de orificios y la trayectoria del chorro.
- Describir la trayectoria del fluido que provoca cada uno de los orificios, para luego confrontarlos y concluir acerca del alcance máximo de cada chorro
- Determinar en forma teórica y práctica el tiempo de vaciado del estanque de la instalación. Determinar de forma experimental el caudal evacuado por cada orificio.

3. CONCEPTOS

Aforo: Determinación del volumen de agua que fluye por un sitio en un determinado tiempo.

Aguas marina: La masa de las aguas que cubren las depresiones de la corteza terrestre forma mares y océanos, que ocupan siete de cada diez partes de la superficie del planeta.

Aguas subterráneas: El agua subterránea representa una fracción importante de la masa de agua presente en los continentes, y se aloja en los acuíferos bajo la superficie de la Tierra.

Arista: el segmento de recta que limita la cara, también conocida como lado, de una figura plana.

Bisel: Corte oblicuo en el borde de una lámina o plancha.

Boquilla: sección de figura geométrica cónica, cuadrada o rectangular a través de la cual pasa un fluido o gas.

Canal de salida: Conducto por el que circulan sustancias líquidas o semilíquidas en un organismo vivo.

Carga hidráulica: Cabeza hidráulica o la cabeza piezométrica es una medida específica de la presión del líquido

Caudal: es la cantidad de fluido, medido en volumen, que se mueve en una unidad de tiempo.

Centro de gravedad: El centro de gravedad de un cuerpo es el punto de aplicación de la resultante de todas las fuerzas que la gravedad ejerce sobre los diferentes puntos materiales que constituyen el cuerpo.

Chorro: líquido o gas que sale con fuerza por un orificio.

Coefficiente de descarga: Es la relación entre el área contraída y la del orificio. Su valor numérico para un fluido determinado varía con el diámetro del orificio y la carga.

Coefficiente de descarga: El volumen del fluido, Q , que escurre del orificio por segundo.

Coefficiente de velocidad: El valor numérico de C_v para el agua y líquidos de viscosidad similar es ligeramente menor que la unidad, y tiene su valor mínimo para cargas bajas y diámetros pequeños.

Diámetro: es el segmento de recta que pasa por el centro y une dos puntos opuestos de una circunferencia, una superficie esférica o una curva cerrada.

Fluido: Se denomina fluido a un tipo de medio continuo formado por alguna sustancia entre cuyas moléculas sólo hay una fuerza de atracción débil.

Optimización: Este verbo hace referencia a **buscar la mejor manera de realizar** una actividad.

Orificios: Abertura o agujero, especialmente el que está hecho intencionadamente o tiene una finalidad.

Sección contraída: es el área del orificio a través de la cual pasa el fluido.

Trayectoria parabólica: Se denomina movimiento parabólico realizado por un objeto cuya trayectoria describe una parábola.

4. NOMENCLATURA

D: densidad.

U: viscosidad.

G: gravedad.

V: volumen.

T: tiempo.

Qr: Caudal real.

H: Carga Hidráulica.

Ø: Diámetro.

Ao: área del orificio.

Ac: área del contraída.

Vr: velocidad real.

Vt: velocidad Teórica.

X: Distancia en sobre el eje(x).

Y: Distancia en sobre el eje(y)

Cd: coeficiente de descarga.

Cc: coeficiente de contracción.

Cv: coeficiente de velocidad.

Re: número de Reynolds.

5. MARCO TEORICO

Los orificios intervienen en el diseño de diversas estructuras hidráulicas, para la medida o aforo de los fluidos que escurren. Orificio es cualquier abertura que tiene un perímetro cerrado y que se hace en un muro o división., Sus formas son muy variadas, aunque los más empleados son los circulares y rectangulares. Se considera un orificio de pared delgada a aquel en donde una placa o pared de espesor pequeño medible ha sido taladrada por un agujero y sea producido una arista aguda bien definida en la superficie interior de la placa.

El orificio se utiliza para medir el caudal que sale de un recipiente o pasa a través de una tubería. El orificio en el caso de un recipiente, puede hacerse en la pared o en el fondo. Es una abertura generalmente redonda, a través de la cual fluye líquido y puede ser de arista aguda o redondeada. El chorro del fluido se contrae a una distancia corta en orificios de arista aguda. Las boquillas están constituidas por piezas tubulares adaptadas a los orificios y se emplean para dirigir el chorro líquido. En las boquillas el espesor de la pared e debe estar entre 2 y 3 veces el diámetro d del orificio “ (artemisa.unicauca.edu.co/~hdulica/3_boquillas.pdf)”.

4.1.1 CLASIFICACION DE LOS ORIFICIOS

4.1.1.1. Según el ancho de la pared

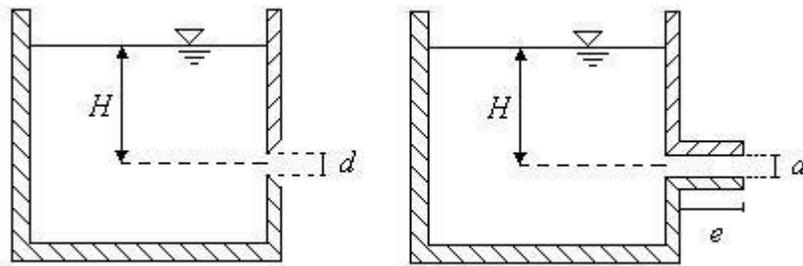


Ilustración 1 - Esquema para diferenciar entre Orificio y Boquilla

Orificios de pared delgada

Es un orificio de pared delgada si el único contacto entre el líquido y la pared es alrededor de una arista afilada y $e < 1.5d$, como se observa en la Figura, Cuando el espesor de la pared es menor que el diámetro ($e < d$) no se requiere bisel “(artemisa.unicauca.edu.co/~hdulica/3_boquillas.pdf)”.

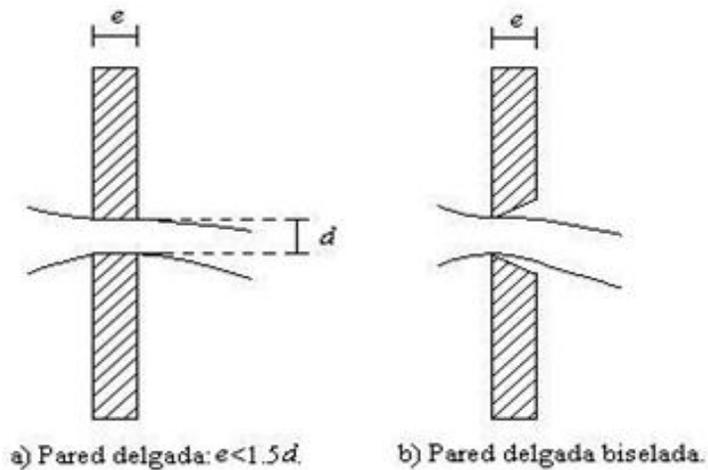


Ilustración 2- Orificios de pared delgada, e espesor de la pared del orificio, d diámetro del orificio.

Orificios de pared gruesa

La pared en el contorno del orificio no tiene aristas afiladas y $1.5d < e < 2d$. Se presenta adherencia del chorro líquido a la pared del orificio.

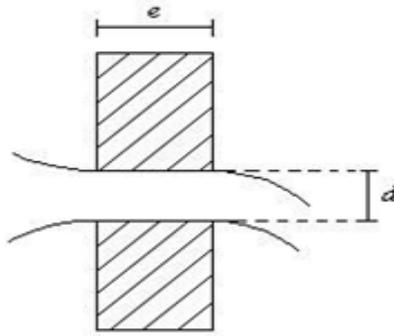


Ilustración 3 - Orificios de pared Guesa.

4.1.1.2. Según la forma

- Orificios circulares.
- Orificios rectangulares.
- Orificios cuadrados.

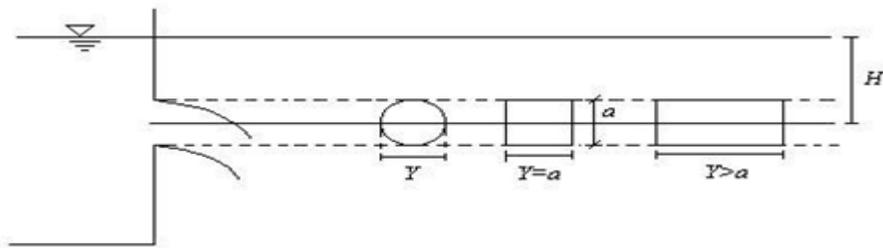


Ilustración 4 - Orificios según la forma.

4.1.1.3. Según sus dimensiones relativas

Los orificios se pueden clasificar según sus dimensiones relativas así:

- Orificios pequeños Si $d < \frac{1}{3} H$.
- Orificios grandes Si $d > \frac{1}{3} H$.

D: diámetro del orificio.

H: profundidad del agua hasta el centro del orificio.

4.1.1.4. Según su funcionamiento

Orificios con descarga libre. En este caso el chorro fluye libremente en la atmósfera siguiendo una trayectoria parabólica.

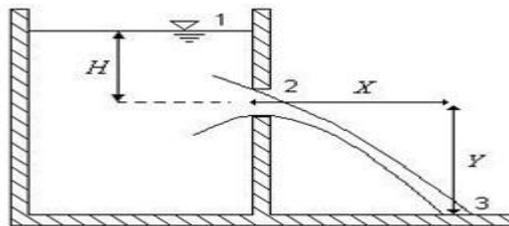


Ilustración 5 – Orificio en descarga libre.

Orificios con descarga ahogada. Cuando el orificio descarga a otro tanque cuyo nivel está por arriba del canto inferior del orificio, se dice que la descarga es ahogada. El

funcionamiento es idéntico al orificio con descarga libre, pero se debe tener en cuenta que la carga Δh se mide entre la lámina de flujo antes y después del orificio.

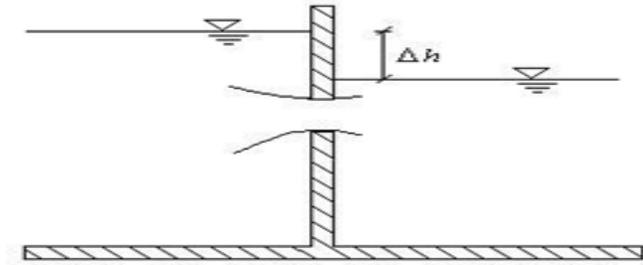


Ilustración 6– Orificios con descarga ahogada.

6. MATERIALES:

De acuerdo a lo investigado en los libros y observado en el laboratorio de la Corporación Universitaria Minuto de Dios Bogotá, definimos las dimensiones del equipo hidráulico “orificios de descarga libre” y materiales:

- ❖ Material vidrio templado 5mm
- ❖ Dimensiones tanque 1: ancho 0.40mt, alto 1.50mt, largo 0.50
- ❖ Dimensiones tanque 2:
- ❖ Dimensiones canal : ancho 0.40mt, alto 0.30mt, largo 1.50
- ❖ Tres orificios :
 - ✓ Cuadrado (1,5cmx1,5cm)
 - ✓ Circular (ø 1,5cm)
 - ✓ Rectangular (2cmx1,5cm)
- ❖ Maquina hidráulica (Motobomba) ½ horsepower (Hp)
- ❖ Tubería de 1” y 2”
- ❖ Interruptor de encendido
- ❖ Estructura del equipo será fabricada con Angulo galvanizado de calibre 1-1/2”x3/16

Equipos e instrumentación:

1. Tanque en vidrio sección constante con tres orificios triangular circulares y cuadrado.
2. Canal de acrílico.
3. Tanque de descarga.
4. Tapones en silicona
5. Probeta.
6. Cronometro.
7. Flexo metro.

7. PROCEDIMIENTO DE LA PRÁCTICA

El primer paso es colocar los tapones a todos los orificios, llenar el tanque y dejar un borde libre, cuyo valor es preciso determinar. Se Verificar que el caudal de alimentación al tanque es cero.

Destapar solo uno de los orificios y determinar el tiempo de evacuación del depósito hasta el centro de gravedad del orificio destapado. Realizar la comprobación matemática

Se selecciona uno de los orificios, preferiblemente el que se encuentre en la parte inferior (los otro deben de estar tapados), con la probeta de 1000ml y el cronometro en cero. Se destapa el orificio para este caso el rectangular y con los implementos mencionados se determina el caudal (Q) en segundos y se toman las coordenadas tanto en el eje x como en eje z y obtendremos la trayectoria del chorro.

Se determinar experimentalmente los coeficientes de velocidad C_v , contracción, C_c , y descarga, C_d , a partir de la trayectoria del chorro y del caudal medido volumétricamente. Los coeficientes deben de determinarse para diferentes valores del número de Reynolds, (para diferentes valores de la carga por encima del orificio). En cada experimento es indispensable que el nivel en el tanque sea constante. Es necesario realizar como mínimo 5 experimentos. Determinar, en cada caso, las pérdidas de energía.

Se debe representar los diferentes valores de los coeficientes que determinamos para cada número de Reynolds y así realizar un gráfico típico de variación de los coeficientes en variación del número de Reynolds.

Repetir los paso para los orificio que hacen falta de sección cuadrada y circular.

Procedimiento:

1. Se seleccionó un orificio circular, el superior, con este orificio abierto se pusieron cinco cargas diferentes cada una constante.
2. Se midieron los caudales correspondientes a cada carga y dos coordenadas del chorro de agua descargado.
3. Se repitieron los pasos 1 y 2 pero con un orificio cuadrado.
4. Se descargaron simultáneamente dos orificios y se determinó experimentalmente el punto de corte.
5. Se llenó el tanque hasta un cierto nivel, y se tomó el tiempo de descarga con solo un orificio abierto.
6. Se repitió el paso cinco pero con tres orificios abiertos.

8. ECUACIONES

8.1 ECUACION PARA OBTENER EL COEFICIENTE DE CENTRO

Para el cálculo del Coeficiente de Contracción (C_c) se tiene la siguiente ecuación:

$$C_c = \frac{A_{contracta}}{A_{real}}$$

Donde:

C_c = Coeficiente de Contracción. Medida adimensional.

$A_{contracta}$ = Área medida directamente del chorro (metros²).

A_{real} = Área real de cada orificio. Todos los orificios tienen 15 mm de diámetro (metros²).

8.2 ECUACION PARA OBTENER EL COEFICIENTE DE VELOCIDAD

Para el cálculo del Coeficiente de Velocidad (C_v) se tienen dos modos:

1. Método A: Se deberá trazar en la pizarra la trayectoria descrita por la vena líquida y luego anotar los diferentes puntos coordenados.
2. Método B: Por medición directa del caudal se puede determinar la velocidad real la que luego se dividirá por la velocidad teórica.

La expresión general para calcular el Coeficiente de Velocidad es:

$$Cv = \frac{V_{real}}{V_{teórico}}$$

De donde se desprende la siguiente ecuación para calcular el Coeficiente de Velocidad según el método A:

$$Cv = \frac{X_0}{\sqrt{4 Y_0 \Delta h}}$$

Donde:

Cv = Coeficiente de Velocidad. Medida adimensional.

X_0 = Valor de la coordenada X para el valor de Y_0 . Medida en metros.

Y_0 = Valor de la coordenada Y para el valor de X_0 . Medida en metros.

Δh = Diferencia de altura entre el centro del orificio y la altura de líquido. Medida en metros.

Según el método B las ecuaciones a emplear son:

$$V_{teórico} = \sqrt{2gh}$$

$$V_{real} = \frac{Q}{A}$$

Donde:

h = Altura medida entre el centro del orificio al borde del fluido. Medida en metros.

Q = Caudal medido directamente de la vena. /- .

A = Área del orificio. Diámetro de los orificios es igual a 15 mm. Medida en .

8.3 ECUACION PARA OBTENER EL COEFICIENTE DE CAUDAL

Para calcular el Coeficiente de Caudal (C_q), se tiene la siguiente ecuación:

$$C_q = C_c * C_v$$

El cálculo del tiempo de desagüe es el tiempo que demora cada orificio en desaguar un volumen determinado de líquido, se puede calcular en forma manual, contabilizando el tiempo que para esto requiere, o bien utilizar la siguiente ecuación:

$$t = \frac{2 A_r}{C_q A_o \sqrt{2g}} (\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2})$$

Dónde:

A_r = Área del recipiente.

A_o = Área del orificio.

h_1 = Altura inicio descarga.

h_2 = Altura término descarga.

t = Tiempo de desagüe.

9. CARACTERISTICA DE LA INSTALACIÓN:

El laboratorio cuenta con dos tanque y un canal, el tanque 1 es alimentado por el tanque 2 por una motobomba para poder generar la recirculación del agua y a su vez, el tanque 1 tiene un tubo hidráulico de 1 ½ pulg que nos sirve para el rebose de agua. Este equipo cuenta con un sistema de llantas para que el equipo sea móvil. Y a su vez el tanque 1 cuenta con 3 orificios: Circular (ϕ 1,5cm), Cuadrado (1,5cmx1,5cm), Rectangular (2cmx1,5cm).

A continuación mostraremos la tabla para que anoten los resultados obtenidos por el laboratorio:

TABLA DE DATOS PRACTICA-ORIFICIOS DE DESCARGA LIBRE
CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS SEDE GIRARDOT
FACULTAD DE INGENIERIA- PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

ORIFICIO	
DENSIDAD (gr/cm ³)	
VISCOSIDAD T 20°C (gr/cm ² seg)	
GRAVEDAD(cm/seg ²)	

FECHA _____

ORIFICIO DE DESCARGA DE CAIDA LIBRE																			
No.	Volumen (cm ³)	Tiempo(s eg)	\bar{Q}_r (cm ³ /s)	\bar{Q}_r (cm ³ /s)	H (cm)	b(cm)	h(cm)	b vena Lq(cm)	h vena Lq(cm)	Ao(cm ²)	Ac(cm ²)	Vr(cm/seg)	Vt(cm/seg)	X (cm)	Y (cm)	Cd	Cv	Cc	Re

Carga H=44cm	
Qr promedio (cm ³ /seg)	
Vr promedio (cm ³ /seg)	
Re promedio	

Carga H=34cm	
Qr promedio (cm ³ /seg)	
Vr promedio (cm ³ /seg)	
Re promedio	

V= Volumen tomado con probeta
 T= Tiempo tomado con cronometro
 $Q_r = V/T$
 $Q_t = A_o \cdot V_t$
 H= carga Hidraulica
 ϕ = diametro del orificio
 ϕ Vena Lq= diametro de la vena Lq
 b= base del orificio
 h= Altura del orificio
 h Vliq= base de la vena Lq
 $A_o = b \cdot h$
 $A_c = b \cdot Vliq \cdot h \cdot Vliq$
 $V_r = x / \text{raiz}(y \cdot 2/g)$
 $V_t = \text{raiz}(H \cdot 2/g)$
 x= distancia Horizontal del chorro
 y= distancia vertical del chorro
 $C_d = C_c \cdot C_v$
 $C_v = V_r/V_t$

GRUPO			
INTEGRANTES			
Nº	NOMBRES	FIRMA	ID

DOCENTE DE LA PRACTICA	
NOMBRE	FIRMA

10. CONTENIDO DEL INFORME

El informe debe contener los siguientes cálculos:

- Determinar del coeficiente de contracción.
- Determinar el coeficiente de velocidad.
- Determinar el coeficiente de cauda.
- Caudal real.
- Numero de Reynolds.
- Volumen real.

Además, debe contener la siguiente estructura:

1. Introducción
 - 1.1. Objetivos
 - 1.2. Esquemas de las instalaciones
 - 1.3. Método experimental
2. Datos, resultados y gráficos
3. Discusión y conclusiones.

BIBLIOGRAFIA

- http://artemisa.unicauca.edu.co/~hdulica/3_boquillas.pdf
- Streeter, Víctor; Wylie, Benjamín, Mecánica de los fluidos, 8^a ed., Nueva York, Editorial McGraw Hill, 1985
- http://www.academia.edu/8906072/FLUIDOS_2_DESCARGA_POR_ORIFICIOS_1_

