



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA EN
CONSTRUCCIONES**

**“Elaboración del modelo físico y la guía metodológica para
la práctica: *divisor de caudales* de la asignatura mecánica de
fluidos de la Universidad del Azuay”.**

**Trabajo de grado previo a la obtención del título de:
Ingeniero Civil con énfasis en Gerencia de Construcciones**

Nombre del Autor:

DARIO ESTEBAN FEICAN ESPINOZA

Nombre del Autor:

JUAN FERNANDO REINOSO GALLARDO

DIRECTOR:

CARLOS JAVIER FERNÁNDEZ DE CÓRDOVA WEBSTER

Cuenca, Ecuador

2018

Dedicatoria

Mi tesis la dedico con todo amor y cariño a mi padre que siempre será mi ejemplo a seguir, ya que gracias a que siempre estuvo a mi lado con palabras de apoyo y consejos, puedo ser el hombre que soy ahora y haber conseguido una meta muy importante en mi vida.

A mi madre, hermanas y abuelita quienes con sus palabras de aliento y motivación no me dejaban decaer para que siguiera adelante y siempre sea perseverante y cumpla con mis ideales.

A mi enamorada Eliza, quien fue el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, ya que sentó en mí las bases de responsabilidad y deseos de superación, ya que con sus infinitas virtudes y su gran corazón supo estar conmigo en este camino.

A mis compañeros y amigos quienes sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos, alegrías y tristezas y a todas aquellas personas que durante estos cinco años estuvieron a mi lado apoyándome y haciendo que este sueño se haga realidad.

Muchas gracias a todos.

Dario Esteban Feican Espinoza.

Dedicatoria

Dedico esta tesis, a mi Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades y nunca desfallecer en el intento.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy, para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor y ayuda en los momentos difíciles, en especial para mi padre que por compartir la misma profesión fue un pilar fundamental en mis años de estudio, porque lo mejor que pueden dejar a sus hijos es la educación por ser la mejor herramienta para afrontar el futuro tanto en mi vida personal como profesional.

Juan Fernando Reinoso Gallardo.

Agradecimiento

Agradecemos a nuestro director de tesis Ing. Carlos Javier Fernández de Córdova Webster, por haber dedicado parte de su tiempo valioso al presente trabajo de grado, por lo que siempre le estaremos inmensamente agradecidos.

Un agradecimiento muy especial para los miembros que conforman nuestro tribunal Ing. Josué Bernardo Larriva e Ing. María Belén Arévalo.

A la Universidad del Azuay y sus docentes quienes les debemos gran parte de nuestros conocimientos, gracias por su paciencia y sus enseñanzas.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Índice de contenidos.....	v
Índice de figuras.....	vii
Índice de tablas.....	ix
Índice de anexos	x
Resumen.....	xi
Abstract	xii
Introducción	1
Antecedentes.....	2
Problemática.....	2
Justificación.....	3
Objetivo general	4
Objetivos específicos	4
Alcances y resultados esperados	4
CAPÍTULO I.....	5
1.-Marco teórico	5
1.1.-Definición de hidrosanitaria.....	5
1.2.-Definición de captación de agua.....	5
1.3.- Elementos hidráulicos de una captación	6
1.4.-Definición de divisor de caudales	10
1.4.1.- Fórmulas para el cálculo de los diferentes tipos de divisores de caudal.....	11
1.5.- Guía metodológica	13
1.5.1.- Procedimiento para la elaboración de una guía	14
1.6.- Ficha de resultados	14
CAPITULO II	15
2.- Cálculos y construcción del modelo físico	15
2.1 Cálculo del modelo físico	15
2.1.1.-Dimensionamiento de la maqueta tipo	15
2.2.-Materiales utilizados para la construcción del modelo físico.....	18
2.2.1.-Materiales del modelo físico	18
2.2.2.-Materiales de la recirculación	20
2.2.3.-Materiales del tanque de almacenamiento de agua	27

2.2.3.1.- Dimensionamiento del tanque de almacenamiento y recipientes.....	28
2.2.3.2.- Recipientes.....	28
2.3.- Validación de datos.....	30
2.4.- Presupuesto del modelo físico: divisor de caudales	36
2.5.- Mantenimiento rutinario y precauciones del modelo físico: divisor de caudales	38
2.6.- Esquema general del modelo físico	42
CAPITULO III.....	44
3.-Elaboración de la guía metodológica y ficha de resultados.....	44
3.1.- Ensayo de divisor de caudales	44
3.1.1.- Objetivo	44
3.1.2.- Alcance.....	44
3.1.3.- Instrumentos.....	44
3.2.- Esquema para la guía metodológica	45
3.2.1.- Descripción	45
3.2.2.- Fórmulas a emplear	45
3.2.3.- Procedimiento de la práctica	45
3.2.4.- Ficha de resultados.....	45
3.2.5.- Preguntas y recomendaciones	46
3.3.- Guía metodológica	46
Conclusiones.....	65
Recomendaciones	65
Anexos.....	66
Bibliografía.....	69

Índice de figuras

Figura 1.1 Rejilla	6
Figura 1.2 Compuerta	7
Figura 1.3 Descripiador	7
Figura 1.4 Transición	8
Figura 1.5 Canal.....	8
Figura 1.6 Vertedero de excesos	9
Figura 1.7 Desarenador	9
Figura 1.8 Escaleras (Rápidas).....	10
Figura 1.9 División proporcional	11
Figura 1.10 División de caudal fijo	13
Figura 2.1 Isometría del prototipo	16
Figura 2.2 Elevación planta.....	16
Figura 2.3 Elevación frontal.....	17
Figura 2.4 Elevación posterior	17
Figura 2.5 Elevación lateral izquierda.....	17
Figura 2.6 Elevación lateral derecha	18
Figura 2.7 Vidrio.....	19
Figura 2.8 Silicona	19
Figura 2.9 Marcos de aluminio	19
Figura 2.10 Tiras de caucho	20
Figura 2.11 Bomba de agua.....	21
Figura 2.12 Politubo.....	21
Figura 2.13 Bridas metálicas	22
Figura 2.14 Válvula anti retorno (check).....	22
Figura 2.15 Tee de plástico	23
Figura 2.16 Bushing de plástico	23
Figura 2.17 Neplo de plástico	24
Figura 2.18 Llave reguladora de caudal plástica	24
Figura 2.19 Codo a 90 grados de plástico	25
Figura 2.20 Tubería de desagüe	25
Figura 2.21 Codo plástico a 90 grados para desagüe.....	26
Figura 2.22 Pegatubo	26
Figura 2.23 Teflón	27
Figura 2.24 Latón.....	27
Figura 2.25 Isometría del tanque de almacenamiento de agua	28
Figura 2.26 Isometría del recipiente para el vertedero frontal	29
Figura 2.27 Isometría del recipiente para el canal lateral y orificios	29
Figura 2.28 Esquema general del modelo físico.....	42
Figura 2.29 Esquema del modelo físico	42
Figura 2.30 Esquema depósitos de agua.....	43
Figura 2.31 Esquema sistema de recirculación.....	43
Figura 3.1 Depósito de almacenamiento de agua	48
Figura 3.2 Modelo físico	48
Figura 3.3 Conexión eléctrica	49
Figura 3.4 Llaves reguladoras de caudal	49

Figura 3.5 Cebamiento de la bomba.....	50
Figura 3.6 Orificios tapados y tira de vidrio.....	50
Figura 3.7 Apertura de la llave a 20 grados.....	51
Figura 3.8 Circulación (3 Comp. y C. Lateral).....	51
Figura 3.9 Toma de muestras vertedero frontal.....	52
Figura 3.10 Toma de muestras canal lateral y orificios	52
Figura 3.11 Apagado de la bomba.....	53
Figura 3.12 Pared de latón lateral.....	53
Figura 3.13 Circulación de caudal (1 comp. y canal lateral)	54
Figura 3.14 Circulación de caudal (2 comp. y canal lateral)	54
Figura 3.15 Tres comp. abiertas y canal lateral cerrado	55
Figura 3.16 Apertura de la llave a 60 grados.....	56
Figura 3.17 Apertura de un orificio.....	56
Figura 3.18 Toma de muestras vertedero frontal.....	57
Figura 3.19 Toma de muestras de los orificios.....	57
Figura 3.20 Apertura del segundo orificio.....	58
Figura 3.21 Tapado de los orificios.....	58
Figura 3.22 Diferentes aperturas de la llave	59

Índice de tablas

Tabla 2.1 Materiales del sistema de recirculación	20
Tabla 2.2 Vertedero frontal (primera prueba).....	31
Tabla 2.3 Canal lateral (primera prueba).....	31
Tabla 2.4 Proporciones % (primera prueba).....	31
Tabla 2.5 Vertedero frontal (segunda prueba).....	32
Tabla 2.6 Canal lateral (segunda prueba)	32
Tabla 2.7 Proporciones % (segunda prueba)	32
Tabla 2.8 Vertedero frontal (tercera prueba)	33
Tabla 2.9 Canal lateral (tercera prueba)	33
Tabla 2.10 Proporciones % (tercera prueba)	33
Tabla 2.11 Vertedero frontal (cuarta prueba)	34
Tabla 2.12 Orificio (cuarta prueba)	34
Tabla 2.13 Proporciones % (cuarta prueba)	34
Tabla 2.14 Vertedero frontal (quinta prueba)	35
Tabla 2.15 Orificio (quinta prueba).....	35
Tabla 2.16 Proporciones % (quinta prueba)	35
Tabla 2.17 Presupuesto modelo físico	37
Tabla 3.1 Ficha de 3 compuertas abiertas (vert. front.) y canal rect.	60
Tabla 3.2 Proporciones de caudal 3 compuertas abiertas y canal	60
Tabla 3.3 Ficha 2 compuertas abiertas (vert. front.) y canal rect.	61
Tabla 3.4 Proporciones de caudal 2 compuertas abiertas y canal	61
Tabla 3.5 Ficha 1 compuerta abierta (vert. front.) y canal rect.	62
Tabla 3.6 Proporciones de caudal 1 compuerta abierta y canal	62
Tabla 3.7 Ficha 3 compuertas abiertas (vert. front.) Y 1 orificio.....	63
Tabla 3.8 Proporciones de caudal 3 compuertas abiertas y 1 orificio	63
Tabla 3.9 Ficha de 3 compuertas abiertas (vert. front.) y 2 orificios	63
Tabla 3.10 Proporciones de caudal 3 compuertas abiertas y 2 orificios	64

Índice de anexos

Anexo 1: Construcción del modelo físico, depósito de almacenamiento y sistema de recirculación.....	66
---	----

Resumen

“ELABORACIÓN DEL MODELO FÍSICO Y LA GUÍA METODOLÓGICA PARA EL ENSAYO DE DIVISOR DE CAUDALES DE LA ASIGNATURA MECÁNICA DE FLUIDOS DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY”

RESUMEN

En el presente trabajo se elaboró el modelo físico y la guía metodológica para la práctica de divisor de caudales de la asignatura de mecánica de fluidos. El modelo físico elaborado tiene la capacidad de realizar tres tipos de prácticas: vertederos, vertederos y orificios y solo orificios, con la posibilidad de variar los parámetros de caudal, aberturas de compuertas y orificios, según el tipo de práctica. La guía metodológica describe la secuencia de pasos que se debe seguir para realizar dicha práctica, e incluye el modelo de ficha de resultados para el registro y tabulación de los valores obtenidos.

Palabras clave: vertederos, guía metodológica, orificios, modelo físico



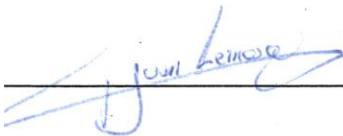
Ing. Javier Fernández de Córdova W. MSc

Director del Trabajo de Titulación



Ing. José Fernando Vázquez C. M.Sc.

Director de la Escuela



Juan Fernando Reinoso Gallardo



Darío Esteban Feican Espinoza

Autores

Abstract

“ELABORATION OF THE PHYSICAL MODEL AND THE METHODOLOGICAL GUIDE FOR THE FLOW DIVISOR TRIAL OF THE FLUID MECHANICS SUBJECT OF THE UNIVERSITY OF AZUAY”

ABSTRACT

In this work, the physical model and the methodological guides for the practices of flow dividers of the fluid mechanics subject were elaborated. The elaborated model had the capacity to perform three types of practices: landfills and holes, only landfills and only holes. It was possible to vary the flow parameters, gates and holes according to the type of practice. The methodological guide described the sequence of steps to be followed in order to carry out this practice and included the results form for its registration and tabulation of the obtained values.

Keywords: dumps, methodological guide, holes, physical model.



Ing. Javier Fernández de Córdova W. MSc

Thesis Director



Ing. José Fernando Vázquez C. M.Sc.

Faculty Director

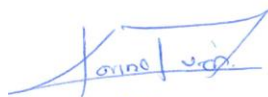


Juan Fernando Reinoso Gallardo



Darío Esteban Feican Espinoza

Authors



UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas



Ing. Paúl Arpi

Traductor

Elaboración del modelo físico y la guía metodológica para la práctica: *divisor de caudales* de la asignatura mecánica de fluidos de la Universidad del Azuay

Introducción

En ingeniería los modelos físicos, son construcciones en escala reducida de obras, máquinas, elementos hidráulicos o sistemas de ingeniería para estudiar en ellos su comportamiento y permitir así perfeccionar los diseños, antes de iniciar la construcción de las obras u objetos reales.

Las asignaturas de Mecánica de Fluidos e Hidrosanitaria se basan en diferentes criterios para el diseño de los elementos hidráulicos que conforman un sistema de agua potable con el objetivo de convertir el agua cruda en agua potable para el consumo humano, satisfaciendo la demanda necesaria que se requiera, por lo que es necesario conocer cómo se calcula cada elemento y cómo funciona cada uno de ellos; una práctica o ensayo de estos elementos hidráulicos ayuda a un mejor entendimiento del problema y de las asignaturas anteriormente nombradas.

Debido a las dificultades que surgen a la hora de estudiar las asignaturas con temas relacionados a la hidráulica, hacen que la opción más viable para poder comprenderlas sean ensayos de laboratorio. Este proyecto consiste en elaborar prácticas sobre divisores de caudal para la asignatura de Hidrosanitaria en donde se detallará el procedimiento a seguir mediante una guía metodológica para realizar los ensayos de manera correcta, además de los cálculos y la ficha de resultados que se irán llenando conforme se realice la práctica.

Antecedentes

La Universidad del Azuay actualmente no cuenta con un laboratorio de Hidráulica para realizar ensayos de las asignaturas Mecánica de Fluidos e Hidrosanitaria. Un laboratorio permitiría comprender cada elemento hidráulico no solo de forma teórica sino también complementar la materia junto con un ensayo en donde se pueda comprender el funcionamiento de estos elementos de una manera más real, por lo que este proyecto ayudará a la implementación de dicho laboratorio para los ensayos correspondientes de estas asignaturas y así ayudar en el crecimiento de los estudiantes en materias relacionadas con el tratamiento, manejo y conducción del agua.

Problemática

La Hidrosanitaria es una asignatura en la cual la teoría debe complementarse con prácticas de laboratorio, donde los temas impartidos en clase son enfocados en la captación de agua y su conducción, junto con todos los elementos hidráulicos que forman partes de un sistema de agua potable. Por esta razón no basta con tener los conocimientos teóricos de cómo calcular los elementos hidráulicos que forman parte del proceso de tratar y conducir el agua, sino también su comportamiento en situaciones reales basándonos en prácticas de laboratorio usando guías metodológicas y modelos físicos que faciliten el entendimiento de los procesos de mejor manera.

Las dificultades que implican realizar prácticas de laboratorio empiezan por el hecho de que éstos deben ser realizados en primera instancia por el profesor que imparte la materia e indicar la manera correcta de cómo realizar la práctica y las normas necesarias para obtener resultados confiables, pero esto no garantiza que la práctica culmine con un buen resultado, ya que los estudiantes pueden omitir ciertos procedimientos claves a la hora de obtener resultados confiables, debido a que no existen manuales o fichas metodológicas sobre divisores de caudal en la asignatura de Hidrosanitaria.

Justificación

La elaboración de la maqueta para materializar lo visto en clases y poder realizar la práctica con diferentes escenarios con el propósito de que los estudiantes tengan una mejor idea del funcionamiento hidráulico sobre divisor de caudales.

La elaboración de una guía metodológica como instrumento que facilite el entendimiento de los procesos realizados en las prácticas de laboratorio, además de permitir un correcto desarrollo de las mismas, se convierte en la solución más viable en lo que a temas que requieran complementar los conocimientos con ensayos prácticos concierne; por lo cual, se desarrollará una guía metodológica y una ficha de resultados para los distintos escenarios que puedan ocurrir en un divisor de caudales.

Esta investigación contribuirá a crear un laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del Azuay, además, su objetivo es que los estudiantes puedan realizar de manera eficiente y ordenada cada una de las prácticas de modo que los resultados sean fáciles de interpretar, por lo que la guía metodológica numerará cada uno de los pasos a seguir para conseguir resultados confiables, además contará con una ficha de resultados con el fin de obtener datos de manera ordenada solucionando así, las inquietudes que se pueden presentar al momento de realizar las prácticas.

Objetivo general

- Elaborar el modelo físico y la guía metodológica para la práctica de un divisor de caudales.

Objetivos específicos

- Recopilar la información necesaria sobre divisor de caudales.
- Diseñar la maqueta dinámica sobre divisor de caudales.
- Realizar una guía metodológica y una ficha de resultados sobre las prácticas de laboratorio.

Alcances y resultados esperados

El presente trabajo de titulación contemplará el diseño y la elaboración de un modelo físico sobre divisor de caudales.

Una guía metodológica para las prácticas de laboratorio cuyos resultados serán presentados en una ficha de resultados.

CAPÍTULO I

1. Marco teórico

1.1.-Definición de hidrosanitaria

La ingeniería Hidrosanitaria es aquella rama de la ingeniería Civil, que se encarga del saneamiento de las áreas físicas en donde se desarrollan las diversas actividades humanas; se encuentra estrechamente relacionada con otras disciplinas como la mecánica, física, química, biología, entre otras. Es importante destacar la estrecha relación que en los últimos años se ha venido desarrollando con la ingeniería Ambiental ya que buscan resolver de manera integral los problemas que afectan al medio ambiente en sus connotaciones ecológicas, financieras, influencia a la comunidad, etc., con el fin de ayudar al progreso tecnológico, pero de una manera sustentable (Guerrero, 2013).

1.2.-Definición de captación de agua

Una captación de agua, es una estructura hidráulica destinada a derivar desde un curso de agua, río, arroyo, canal, un lago o incluso desde el mar, una parte del agua disponible en esta, para ser utilizada en un fin específico, como pueden ser abastecimiento de agua potable, riego, generación de energía eléctrica, acuicultura, enfriamiento de instalaciones industriales, etc.

Las captaciones de agua suelen caracterizarse principalmente por el caudal de captación, el que se define como el gasto máximo que una obra de toma puede admitir. El propósito fundamental del trabajo de una captación es la de recolectar agua desde uno o varios puntos y concentrar este caudal en un solo punto: la entrada al canal de conducción.

Debido a la disparidad de una fuente, nunca habrá un diseño estándar que se pueda construir universalmente para cada sistema. Sin embargo, los trabajos de captación tienen que incorporar características de diseños estándar que permitan un control adecuado del agua, oportunidad de sedimentación y prevención de una futura contaminación.

Lo más importante que se considera son los problemas de la estación en épocas de crecientes, es decir en épocas de lluvia. Las estructuras de captación se deben ubicar en puntos donde no se vean directamente amenazadas por crecidas de aguas, o indirectamente, por erosiones de tierra a través de los años. Por lo que un estudio geológico e hidrológico y topográfico muy cuidadoso de la zona es de gran importancia (Ponce, 2015).

1.3.- Elementos hidráulicos de una captación

Rejilla

Este elemento por lo general es de tipo rectangular con diversas formas de las barras verticales y diferentes espaciamientos, dependiendo del tipo de cálculo que se le haya realizado o del tipo de necesidad a cubrir, pudiendo tener formas circulares o en forma de gotas de lluvia las barras verticales como se indica en la *Figura 1.1*. Cabe recalcar que este elemento es de suma importancia en una captación de agua, debido a que en él se inicia todo el proceso de circulación de agua por toda la captación recolectando el agua de pequeños ríos o diferentes fuentes hídricas, cuyo fin es el de captar la mayor cantidad de agua y derivar al mínimo los materiales sólidos, evitando que se obstruya los demás elementos de la captación y sin producir impactos negativos con el medioambiente local (Castillo, 2011).

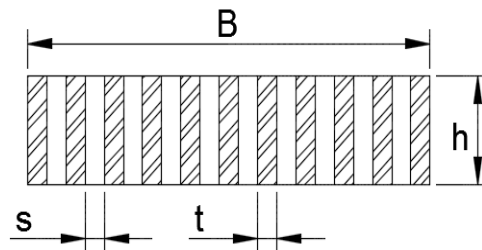


Figura 1.1 Rejilla

Elaboración propia

Compuerta

Son barreras móviles dentro de las estructuras de hormigón o albañilería de piedra, en canales, embalses y estanques como se indica en la *Figura 1.2*, con el fin de controlar el caudal de agua que se quiera derivar desde la fuente principal (Gómez, 2017).

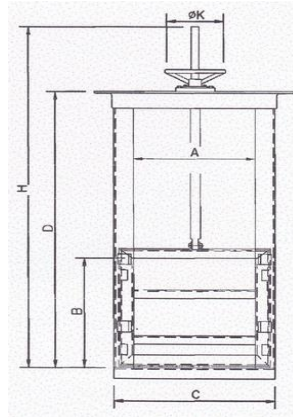


Figura 1.2 Compuerta

Fuente: Elaboración propia

Desripiador

Al ser el agua proveniente de ríos de montaña y tener arrastre de material flotante como hojas, hierbas y material que pueda producir la obstrucción de las rejillas (Gómez, 2017).

Son estructuras que sirven para el control de sedimentos como se indica en la *Figura 1.3*, mediante la decantación de los materiales mencionados previo a la zona de compuertas de regulación (Ponce, 2015).

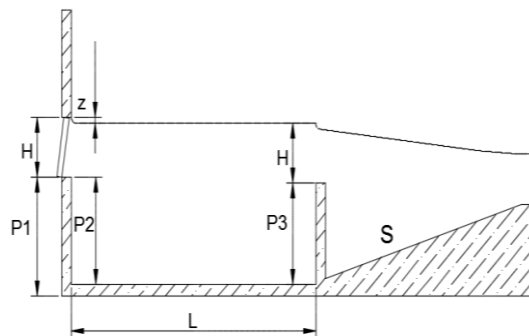


Figura 1.3 Desripiador

Fuente: Elaboración propia

Transición

Es una estructura en la que el cambio de sección se hace de forma gradual a fin de evitar perturbaciones en el flujo y minimizar las pérdidas de carga como se indica en la *Figura 1.4* (Pacheco, 2012).

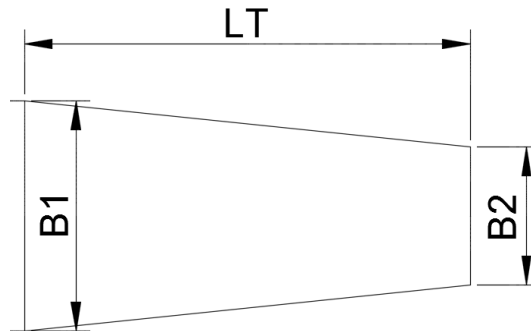


Figura 1.4 Transición

Fuente: Elaboración propia

Canal

Una vez captada el agua se procede a derivarla para ello se utilizan los canales que pueden ser de diversas formas geométricas como se indica en la *Figura 1.5*, permitiendo la conducción del agua hacia otros elementos o áreas de riego (Ponce, 2015).

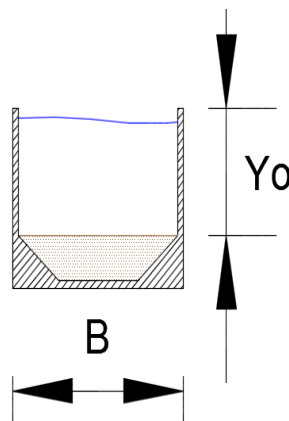


Figura 1.5 Canal

Fuente: Elaboración propia

Vertedero de excesos

Son estructuras hidráulicas cuya función es el de verter fuera de la captación cualquier exceso que resulte por el ingreso del agua o por la mala operación de las compuertas, como se indica en la *Figura 1.6*, el excedente de agua deberá o será retornado al curso del agua (Pacheco, 2012).

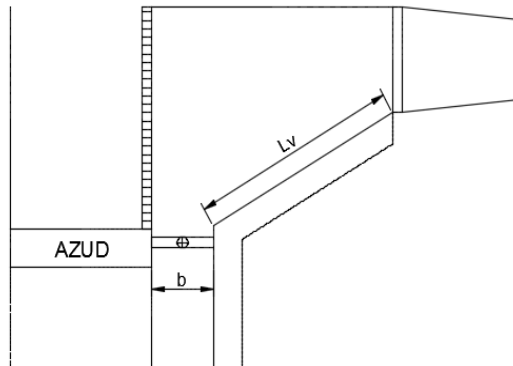


Figura 1.6 Vertedero de excesos

Fuente: Elaboración propia

Desarenador

Son estructuras hidráulicas cuya finalidad es el de retener las arenas tanto en el fondo como en suspensión por efecto de la erosión que provoca en todo su recorrido las aguas superficiales como se indica en la *Figura 1.7*, cuyo fin es el de evitar el paso de las partículas hacia a siguiente cámara, conformados por un tramo de transición, canal de excesos, vertederos y compuertas (Ponce, 2015); (Gómez, 2017).

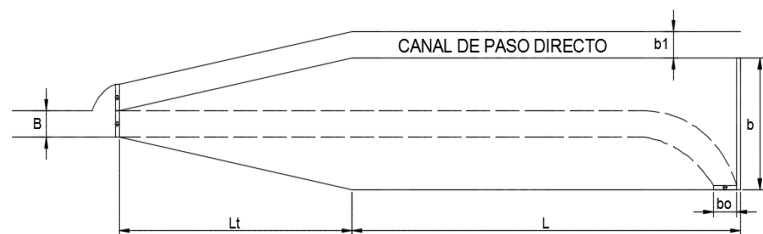


Figura 1.7 Desarenador

Fuente: Elaboración propia

Escaleras (rápidas)

Son canales con gradas o escalones como se indica en la *Figura 1.8*, donde a la vez que se conduce el agua se va disipando la energía cinética del flujo por impacto con los escalones, llegando el agua al pie de la rápida con energía disipada, por lo que no se hace necesaria alguna estructura adicional (Mejía, 2013).

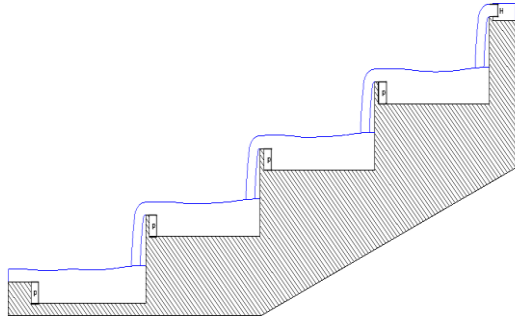


Figura 1.8 Escaleras (rápidas)

Fuente: Elaboración propia

1.4.-Definición de divisor de caudales

Los divisores de caudal son elementos hidráulicos que forman parte de un sistema de agua potable y de su conducción a gravedad, para construir un divisor de caudales se necesita separar el caudal principal en otros dos caudales Q_1 y Q_2 en diferentes porcentajes, o pueden ser iguales dependiendo de cuál sea su necesidad, estas obras se utilizan especialmente en los sistemas de riego superficial a gravedad. Es necesario por lo tanto construir en los canales de riego, obras que permitan dividir el caudal, como el caudal que va por cada ramal depende de la superficie a regarse y del tipo de los cultivos, su valor debe ser reconocido y por esto conviene que las estructuras de división permitan también medirlo (Sviatoslav, 1968).

Tipos de divisores de caudales

Para su diseño existen dos criterios:

- 1) División proporcional
- 2) División de caudal fijo

1.4.1.- Fórmulas para el cálculo de los diferentes tipos de divisores de caudal.

División proporcional

En este caso se usa dos vertederos para determinar sus caudales (Ver *Figura 1.9*).

$$Q = Co * be * (H)^{\frac{3}{2}} \quad (\text{Fórmula 1.1})$$

Q = caudal [m^3/seg]

$$Co = 1.777 + 0.221 * H/P$$

H = altura del agua [m]

P = altura de los vertederos [m]

$$be = b - \frac{n*H}{10}$$

n = número de contracciones

b = ancho de los vertederos

Casos:

Sin contracciones $n=0$; 1 contracción $n=1$; 2 contracciones $n=2$

Para su diseño se tomará una velocidad de paso de $v_{paso} \leq 1 \text{ m/s}$

El caudal que entra al divisor Q será igual a la suma de los caudales de los vertederos

$$Q = Q1 + Q2 \quad (\text{Fórmula 1.2})$$

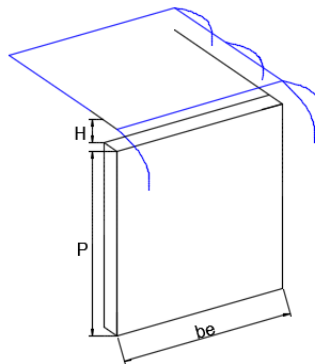


Figura 1.9 División proporcional

Fuente: Elaboración propia

División de caudal fijo

En este caso se usa un vertedero y un orificio (Ver *Figura 1.10*).

Para un orificio:

$$Q = Cd * A * \sqrt{2gh} \quad (\text{Fórmula 1.3})$$

Q= caudal [m³/seg]

Si $h \geq 10a$ $Cd=0.61$

h= altura desde la superficie al centro del orificio [m]

$$h = P + H - 1.5a$$

a= dimensión del orificio cuadrado [m]

$$A = a^2 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$g = 9.81 \text{ [m}^2\text{/seg]}$$

Para su diseño se tomará una velocidad de paso de $v_{paso} \leq 1 \text{ m/s}$

El caudal que entra al divisor Q será igual a la suma de los caudales del vertedero y el orificio.

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad (\text{Fórmula 1.4})$$

Cuando no se cumple la condición $h \geq 10^a$, el valor de Cd varía y se lo calcula de la siguiente manera (Gómez, Galarza, Rodríguez, 2014):

$$Cd = \frac{Q}{Ao * \sqrt{2 * g * h}} \quad (\text{Fórmula 1.5})$$

Dónde: Q: caudal [m³/seg]

Ao: Área del orificio [m²]

g: 9.81 [m²/seg]

h: carga hidráulica [m]

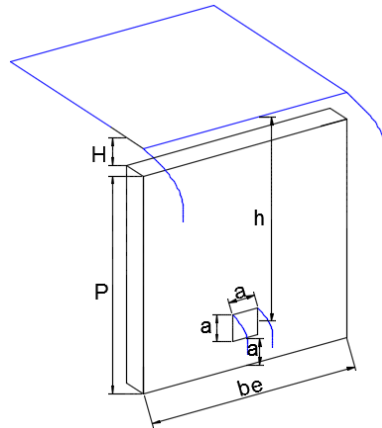


Figura 1.10 División de caudal fijo

Fuente: Elaboración propia

1.5.- Guía metodológica

Una guía metodológica es un documento en donde se redactan los pasos a seguir para realizar un ensayo en concreto, se espera que estas guías sirvan de ayuda a quienes se enfrentan a los ensayos sin contar con gran experiencia en su aplicación del tema en estudio, que de hecho es lo esencial a la hora de redactar una guía metodológica, por último, hay que tomar en cuenta que esta guía se basa en recomendaciones para los ensayos más no son directrices (González, 2004).

Los objetivos de una guía metodológica para realizar una evaluación sobre el aprendizaje adquirido en clases son:

- Disponer de un conjunto de orientaciones e indicaciones que ayuden a garantizar la transparencia, comparabilidad, validez y credibilidad de los resultados obtenidos a través de un ensayo de laboratorio.
- Facilitar la realización de ensayos de laboratorio a nivel personal y grupal especialmente dirigido a los estudiantes que realizarán la práctica con el fin de reforzar y profundizar los conceptos aprendidos en clases.

1.5.1.- Procedimiento para la elaboración de una guía

El proceso para la elaboración de una guía metodológica dirigida a ensayos de laboratorio para las asignaturas de Mecánica de Fluidos e Hidrosanitaria son los siguientes:

- Revisión bibliográfica sobre las asignaturas antes mencionadas.
- Conocimiento de los conceptos básicos y su forma de cálculo para el elemento hidráulico a realizar el ensayo.
- Realización de una propuesta inicial de pasos a seguir en la ejecución del ensayo aplicada concretamente al elemento hidráulico a estudiar.
- Redacción de una propuesta de guía metodológica en formato de prueba.
- Revisión de la guía metodológica por expertos en temas de hidráulica.
- Corrección de la propuesta a partir de los comentarios realizados por los expertos en el tema.
- Revisión final de la guía metodológica propuesta.

1.6.- Ficha de resultados

Al realizar un ensayo de laboratorio, es necesario anotar los resultados que se van obteniendo a lo largo del ensayo. Para ello se debe realizar una ficha de resultados las cuáles deben ser realizadas por los estudiantes con los resultados obtenidos al final del ensayo. La manera como se presenten los resultados será en el contexto académico, en donde serán revisados y entregados a los profesores a cargo del ensayo para realizar su respectiva revisión y así poder evaluar a los estudiantes de una manera objetiva debido a su experiencia en el tema (Fernandez, 2005).

CAPITULO II

2. Cálculos y construcción del modelo físico

2.1 Cálculo del modelo físico

Se partió escogiendo el rango de caudales con los que se iba a trabajar en el laboratorio, siendo estos de $1 - 2.5 \frac{\text{litros}}{\text{segundo}}$, escogiendo $2.5 \frac{\text{litros}}{\text{segundo}}$ para dimensionar el modelo físico, y con la seguridad de que los caudales inferiores a este, no afecten el correcto funcionamiento del modelo.

2.1.1.-Dimensionamiento de la maqueta tipo

Para obtener las dimensiones del modelo físico a realizar, tomamos en cuenta el caudal máximo que será de $2.5 \frac{\text{litros}}{\text{segundo}}$, para eso primero se realizará un prototipo con el cuál se observe si el dimensionamiento realizado es correcto o si se debe realizar ajustes en las dimensiones donde no estén provocando el efecto para el cual fueron diseñados, para saber si se debe realizar algún ajuste se lo verá en la validación de los resultados en donde se comprobará si el prototipo se debe modificar o queda como el modelo definitivo.

El prototipo contará con un canal rectangular con ancho de 30 cm y una longitud de 65 cm con pendiente al 1%, que servirá de unión entre la recirculación del agua y el modelo físico.

Después de pasar el canal rectangular, está la cámara del divisor de caudales con las siguientes dimensiones: 80 cm de ancho y 55 cm de largo, en donde sus funciones principales serán la de almacenar el caudal de entrada proveniente de la recirculación y además la de dividir los caudales según las proporciones que fueron dadas en el cálculo que sería aproximadamente el 65% del caudal total que irá por el vertedero frontal y el 35 % restante que irá por el vertedero lateral.

El prototipo contará, como se mencionó anteriormente, con un vertedero frontal con un ancho de 80 cm (Ver *Figura 2.4*), el cual podrá funcionar con o sin contracciones laterales en el flujo del caudal, para esto se dividió el vertedero frontal en tres partes

con los siguientes anchos vistos desde el frente del modelo: 27 cm de ancho la contracción izquierda, 27 cm de ancho para la contracción central y por último 26 cm de ancho para la contracción derecha como se indica en la *Figura 2.3*.

Por último, el canal o vertedero lateral tendrá 15 cm de ancho con 10 cm de altura y se realizarán 2 orificios cuadrados que estarán ubicados en la misma cara que el vertedero lateral a 10 cm desde la base del modelo y separados 9 cm entre ellos, obteniendo así el modelo completo como se muestra en la *Figura 2.1*.

El prototipo contará con 132 litros de agua en la parte de la cámara del divisor para poder realizar las pruebas de laboratorio.

A continuación, se mostrarán las elevaciones y una vista isométrica del prototipo:

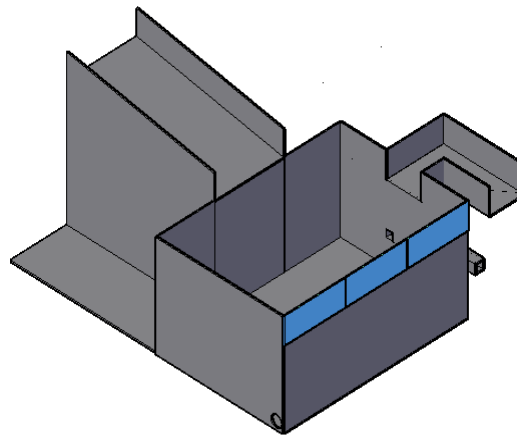


Figura 2.1 Isometría del prototipo

Fuente: Elaboración propia

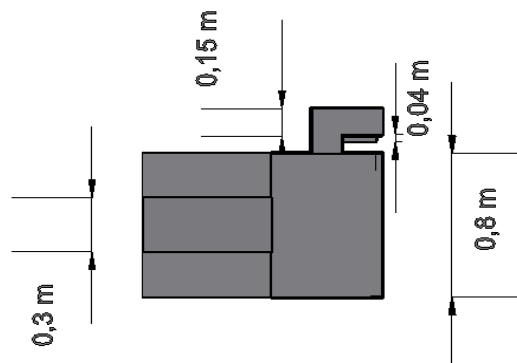


Figura 2.2 Elevación planta

Fuente: Elaboración propia

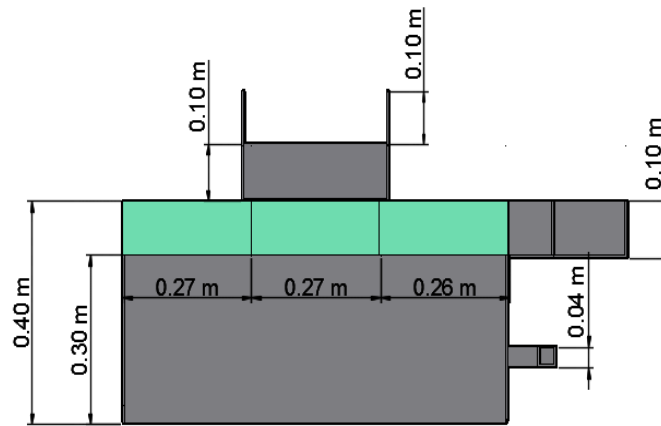


Figura 2.3 Elevación frontal

Fuente: Elaboración propia

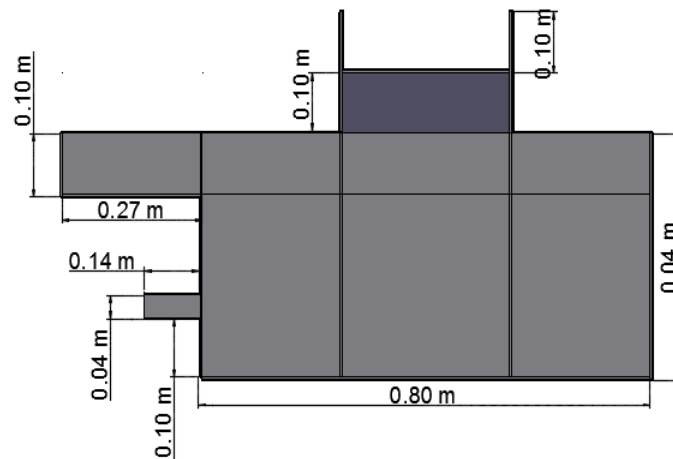


Figura 2.4 Elevación posterior

Fuente: Elaboración propia

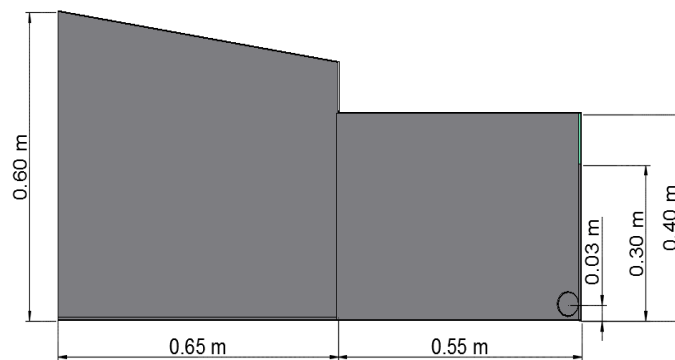


Figura 2.5 Elevación lateral izquierda

Fuente: Elaboración propia

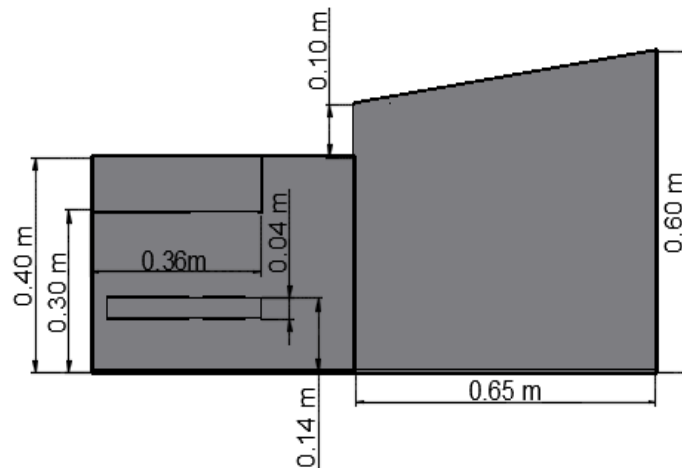


Figura 2.6 Elevación lateral derecha

Fuente: Elaboración propia

2.2.-Materiales utilizados para la construcción del modelo físico

Para la construcción del modelo físico se tuvo que contar con varios elementos que se podrían agrupar en 3: primero el prototipo, segundo la recirculación del agua, y por último el tanque para almacenar el agua.

2.2.1.-Materiales del modelo físico

Para la construcción del modelo físico se usaron los siguientes materiales:

1.- Vidrio: Se usó vidrio de 4 milímetros (Ver *Figura 2.7*), para todos elementos del modelo como es el canal rectangular de entrada, la cámara del divisor los vertederos frontales, el vertedero lateral y los orificios, y para la base de todo el modelo se usó vidrio de 6 milímetros ya que debe soportar todo el peso del modelo por eso se optó por poner un vidrio más grueso con dimensiones de 1.30 metros de largo y 90 cm de ancho.



Figura 2.7 Vidrio

Recuperado de <https://construex.com.ec>

2.- Silicona: Se usó para poder unir las uniones del modelo físico y su principal función es la de impermeabilizar al modelo para que no haya fugas de agua ya sea lateral, frontal o en la base (Ver *Figura 2.8*).



Figura 2.8 Silicona

Recuperado de <http://www.sodimac.com.pe>

3.- Marcos de aluminio: Se usaron canales de este material para los vertederos frontales para poder realizar las constricciones que se necesitaban en el modelo físico y además se usaron también en el marco del vertedero lateral para poder ubicarlo (Ver *Figura 2.9*).

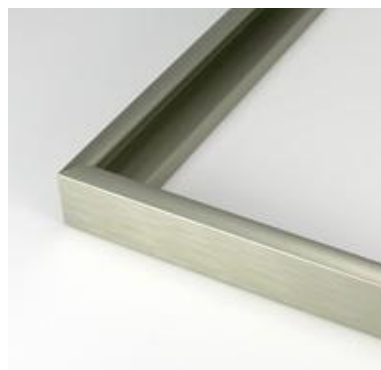


Figura 2.9 Marcos de aluminio

Recuperado de <https://www.copiasxl.com>

4.- Tiras de caucho: Estas fueron usadas para impermeabilizar completamente el vertedero frontal y también del vertedero lateral, se ubicaron dentro de los canales de aluminio y pegadas con silicona, formando el marco rectangular para cada contracción del vertedero frontal y así poder retirar la tira de vidrio sin permitir fuga alguna en cualquiera de las contracciones ya sea las laterales o la frontal, y el mismo mecanismo se usó para impermeabilizar completamente la unión de la cámara del divisor con el vertedero lateral. También se construyeron tapones cuadrados para los 2 orificios y uno circular para el orificio de desfogue (Ver *Figura 2.10*).



Figura 2.10 Tiras de caucho

Recuperado de <https://www.pinterest.es>

2.2.2.-Materiales de la recirculación

Para la realización de la recirculación se usaron los siguientes materiales como se indica en la *Tabla 2.1*.

Tabla 2.1 Materiales del sistema de recirculación

MATERIALES	CANTIDAD
BUSHING PVC ROSC. 2"X1.1/2"	4
NEPLO PP PERDIDO 1.1/2"	10
NEPLO PVC ROSC. 2X10 cm	1
TEE ROSC. 2"	1
VÁLVULA CHECK ROSC. 1.1/2"	1
VÁLVULA PVC ROSC. 1.1/2"	2
BRIDAS 2"	2
TEFLÓN	5
TUBERÍA PVC DESAGUE 1.1/2"X3m	2
CODOS PVC ROSC. 1.1/2"	3
CODOS PVC 2"	3
PEGA TUBO	1
TAPONES CAUCHO	3
BOMBA 2HP	1
INSTALACIÓN ELÉCTRICA 110 v	1

Fuente: Elaboración propia

1.- Bomba de agua (2hp): La bomba se usa para poder recircular el agua desde el tanque de almacenamiento hacia el canal rectangular de entrada al modelo físico, en donde la bomba cuenta con una potencia de 2hp pudiendo alcanzar alturas hasta de 20 metros con un caudal máximo de circulación de hasta 8 lt/s, por último esta bomba puede funcionar a 110 voltios o también a 220 voltios todo depende de cómo el usuario quiera trabajar (Ver *Figura 2.11*).



Figura 2.11 Bomba de agua

Recuperado de <http://www.directindustry.es>

2.- Politubo: Se usó 15 cm de politubo de 2 pulgadas para unir la entrada de la bomba por donde succiona el agua con el tanque de almacenamiento, la bomba y el tanque se encuentran a nivel del suelo para que no se tenga que cebar la bomba cada vez que se quiera usar la maqueta, sino al momento de llenar el tanque, la bomba ya estará cebada y funcionará correctamente sin succionar aire (Ver *Figura 2.12*).



Figura 2.12 Politubo

Recuperado de <http://www.textilsanjorge.com/politubos>

3.- Bridas metálicas: La principal función de una brida es la apretar un tubo para reforzar su unión y para impermeabilizar la unión evitando fugas. Se usaron 2 bridas, una en la parte de la unión entre la bomba y el tanque en el politubo de plg y la otra se usó al inicio del tubo de desagüe de 2 pulgadas con dirección al canal de entrada del modelo físico (Ver *Figura 2.13*).



Figura 2.13 Bridas metálicas

Recuperado de <https://www.idealtridon.mx/bridas-para-tuberias-agua>

4.- Válvula antiretorno (check): Se encuentra ubicada a la salida de la bomba y sirve para que el agua una vez que salga de la bomba no regrese y así evitar que la bomba se dañe la bomba mientras está recirculando el agua (Ver *Figura 2.14*).



Figura 2.14 Válvula anti retorno (check)

Recuperado de <http://riegoscuahtemoc.com.mx/valvulas-check-pvc>

5.- Tee de plástico de 1 ½ pulgada: Se encuentra ubicada después de la válvula antiretorno y sirve para dividir el caudal que irá al modelo físico (Ver *Figura 2.15*).



Figura 2.15 Tee de plástico

Recuperado de <http://www.homedepot.com.mx/sanitarias/te-plastico>

6.- Bushing de plástico de 2 pulgadas a 1 ½ pulgada: Su función es la de reducir los tamaños, en este caso se usa para reducir de 2 pulgadas a 1 ½ pulgada necesario para la recirculación del agua (Ver *Figura 2.16*).



Figura 2.16 Bushing de plástico

Recuperado de www.finpacecuador.com/productos/bushing_pvc_roscable

7.- Neplo plástico de 1 ½ pulgada y 2 pulgadas: Su principal función es la de conectar entre dos elementos en nuestro caso sirve de unión entre bushing y la entrada de la llave reguladora de caudal o la salida de la llave hacia la tubería de desagüe de 2 pulgadas (Ver *Figura 2.17*).



Figura 2.17 Neplo de plástico

Recuperado de <https://www.mariorubio.com.ec/producto/neplo>

8.- Llave reguladora de caudal plástica de 1 ½ pulgada: Se usó para regular el caudal que va directo al modelo físico (Ver *Figura 2.18*).



Figura 2.18 Llave reguladora de caudal plástica

Recuperado de <https://www.solostocks.comproductos/valvulas-pvc>

9.- Codo a 90 grados de plástico de 1 ½ pulgada y 2 pulgadas: Se usó a la salida del agua que cae directamente al tanque de almacenamiento para así evitar que el caudal salga de manera brusca (Ver *Figura 2.19*).



Figura 2.19 Codo a 90 grados de plástico

Recuperado de <https://www.decohogar.com.ar/tuberia-de-pvc/codo-90>

10.- Tubería de desagüe de 2 pulgadas: Se usó para circular el agua proveniente desde la bomba y con dirección al canal de entrada del modelo físico (Ver *Figura 2.20*).



Figura 2.20 Tubería de desagüe

Recuperado de <https://www.bricomart.es/tubo-pvc>

11.- Codo plástico a 90 grados de 2 pulgadas: Se usó para unir los tubos de la circulación y darle la dirección adecuada al sistema de tuberías para llegar al canal de entrada del modelo físico (Ver *Figura 2.21*).



Figura 2.21 Codo plástico a 90 grados para desagüe

Recuperado de <https://www.decohogar.com.ar/tuberia-de-pvc/codo-90>

12.- Pegatubo: Se usó para pegar las uniones tubo – codo, además sirve como impermeabilizante para evitar fugas de agua en la recirculación del agua (Ver *Figura 2.22*).



Figura 2.22 Pegatubo

Recuperado de <http://www.megaprofer.com/pegatubo>

13.- Teflón: Se usó para impermeabilizar los accesorios para evitar fugas en la recirculación del agua al modelo físico (Ver *Figura 2.23*).



Figura 2.23 Teflón

Recuperado de <https://www.vidri.com.sv/producto/teflón>

2.2.3.-Materiales del tanque de almacenamiento de agua

1.- Latón: Se usó este material principalmente por su facilidad para darle cualquier forma que se desee, además de realizar el tanque de almacenamiento de latón también se usó para realizar los recipientes que servirán para realizar las prácticas en el modelo físico (Ver *Figura 2.24*).



Figura 2.24 Latón

Recuperado de <https://www.solostocks.com.mx/productos/latón>

2.2.3.1.- Dimensionamiento del tanque de almacenamiento y recipientes

Para el dimensionamiento del tanque se lo hizo usando el ancho total del modelo tipo que fue de 1.05 metros por lo que se optó por poner de 1.15 metros como medida constructiva además de 0.4 metros de alto y 0,4 metros de profundidad, además se aumentó al tanque 0.4 metros de alto en dos caras por motivos de seguridad para que no salpique el agua que cae al tanque desde el vertedero lateral y de los orificios como se indica en la *Figura 2.25*.

Por último, se le añadió un orificio lateral y un tubo de 2plg de latón para poder conectar con la bomba de manera directa.

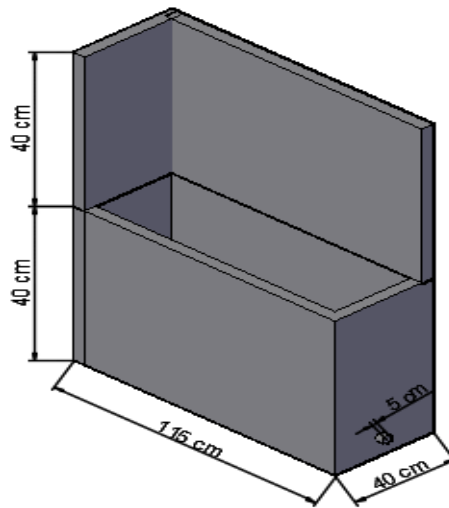


Figura 2.25 Isometría del tanque de almacenamiento de agua

Fuente: Elaboración propia

2.2.3.2.- Recipientes

Los recipientes se realizaron del mismo material del tanque de almacenamiento debido a la gran facilidad que tiene el latón para adoptar cualquier forma ya sean dimensiones grandes o pequeñas. Se hicieron dos recipientes los cuales servirán para calcular el caudal en función del volumen de los mismos.

Para el vertedero frontal se realizó un recipiente de las siguientes dimensiones; 80 centímetros de largo, 10 centímetros de ancho y 20 centímetros del alto, que dará al momento de realizar las mediciones un volumen de 8 litros. Se tomó estas dimensiones

en función del ancho total del vertedero frontal y su facilidad al momento de tenerlo cuando se realice las prácticas de laboratorio (Ver *Figura 2.26*).

Para el canal de paso directo lateral y los orificios se realizó en cambio un recipiente con las siguientes dimensiones: 20 centímetros de largo, 10 centímetros de ancho y 20 centímetros de alto que dará al momento de realizar las mediciones un volumen de 4 litros, se lo realizó de estas dimensiones en función del ancho del canal lateral que es de 15 centímetros y su facilidad al momento de tenerlo en las prácticas como se mencionó en el vertedero frontal (Ver *Figura 2.27*).

A continuación, se muestran los recipientes con sus respectivas dimensiones:

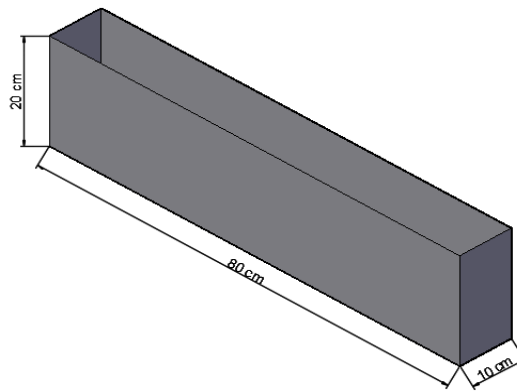


Figura 2.26 Isometría del recipiente para el vertedero frontal

Fuente: Elaboración propia

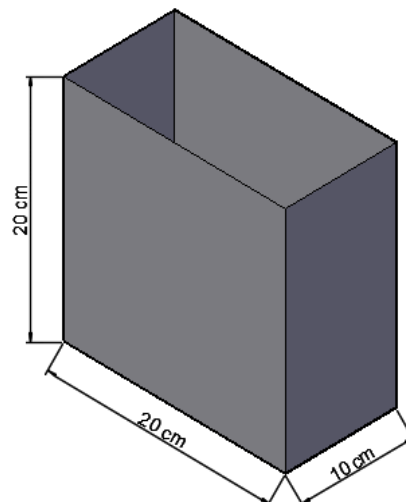


Figura 2.27 Isometría del recipiente para el canal lateral y orificios

Fuente: Elaboración propia

2.3.- VALIDACIÓN DE DATOS

Se creó un modelo físico tipo del divisor de caudales en donde los estudiantes realizarán las prácticas de laboratorio, para ello se tuvo que verificar el correcto funcionamiento de la misma, las pruebas constan de la toma de cuatro muestras de las diferentes prácticas que en el modelo físico se podrán realizar.

Para la toma de caudales se utilizó el Método Volumétrico, utilizando el recipiente para el vertedero frontal (fig. 2.26) y el recipiente para el canal lateral y orificios (fig. 27). Con la ayuda de un cronómetro se tomaron los tiempos en la que los recipientes se llenaron.

$$Q = \frac{VOLUMEN}{TIEMPO} \quad \text{(Fórmula 2.1)}$$

En donde:

Volumen: litros

Tiempo: segundos

Para la toma de muestras se utilizó un rango de aberturas de la llave reguladora de caudales que varía de 20°-60 °, debido a que si se superaba la abertura de 60 ° la longitud del chorro empezaba a igualar la longitud de la cámara del divisor de caudales que es igual a 55 cm, ocasionando turbulencias dentro de la cámara y haciendo que se dificulte la medición de caudales y la toma de alturas de agua sobre el vertedero frontal.

Primera prueba: Utilizando el vertedero frontal con sus tres compuertas abiertas y el canal lateral (Ver *Tabla 2.2*, *Tabla 2.3*, *Tabla 2.4*).

Tabla 2.2 Vertedero frontal (primera prueba)

VERTEDERO FRONTAL										
ABERTURA LLAVE (°)	VOLUMEN (litros)	TIEMPO (seg)				CAUDAL (litros/segundo)				CAUDAL PROMEDIO (litros/segundo)
		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	
20	8	11.86	11.67	12.35	12.85	0.675	0.686	0.648	0.623	0.658
30	8	8.14	8.66	8.80	8.60	0.983	0.924	0.909	0.930	0.936
40	8	7.21	8.17	8.00	8.00	1.110	0.979	1.000	1.000	1.022
50	8	7.72	7.82	7.6	6.84	1.036	1.023	1.053	1.170	1.070
60	8	6.51	6.23	5.83	5.85	1.229	1.284	1.372	1.368	1.313

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.3 Canal lateral (primera prueba)

CANAL LATERAL										
ABERTURA LLAVE (°)	VOLUMEN (litros)	TIEMPO (seg)				CAUDAL (litros/segundo)				CAUDAL PROMEDIO (litros/segundo)
		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	
20	4	19.23	19.76	19.06	18.79	0.208	0.202	0.210	0.213	0.208
30	4	14.59	14.95	14.34	14.67	0.274	0.268	0.279	0.273	0.273
40	4	14.07	14.61	14.22	14.07	0.284	0.274	0.281	0.284	0.281
50	4	14.34	13.78	13.09	13.68	0.279	0.290	0.306	0.292	0.292
60	4	14.39	13.83	14.52	14.50	0.278	0.289	0.275	0.276	0.280

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.4 Proporciones % (primera prueba)

ABERTURA LLAVE (°)	CAUDAL TOTAL (Qvfrontal+Qvlateral)	PROPORCIONES		PROPORCIONES (%)	
		V. frotal	C. lateral	V. frotal	C.lateral
20	0.866	0.759	0.241	76%	24%
30	1.210	0.774	0.226	77%	23%
40	1.303	0.784	0.216	78%	22%
50	1.362	0.786	0.214	79%	21%
60	1.593	0.824	0.176	82%	18%
		PROMEDIO		79%	21%

Fuente: Elaboración propia

Segunda prueba: Utilizando el vertedero frontal con sus dos compuertas abiertas, cerrada la compuerta # 1 (Izquierda) y el canal lateral (Ver *Tabla 2.5, Tabla 2.6, Tabla 2.7*).

Tabla 2.5 Vertedero frontal (segunda prueba)

VERTEDERO FRONTAL										CAUDAL PROMEDIO (litros/segundo)
ABERTURA LLAVE (°)	VOLUMEN (litros)	TIEMPO (seg)				CAUDAL (litros/segundo)				
		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	
20	8	13.61	13.82	12.87	12.89	0.588	0.579	0.622	0.621	0.602
30	8	9.25	9.50	10.11	9.80	0.865	0.842	0.791	0.816	0.829
40	8	7.09	7.73	7.54	7.53	1.128	1.035	1.061	1.062	1.072
50	8	6.44	6.76	6.95	6.63	1.242	1.183	1.151	1.207	1.196
60	8	5.34	5.57	5.86	5.32	1.498	1.436	1.365	1.504	1.451

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.6 Canal lateral (segunda prueba)

CANAL LATERAL										
ABERTURA LLAVE	VOLUMEN	TIEMPO (seg)				CAUDAL (litros/segundo)				CAUDAL PROMEDIO
(°)	(litros)	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	(litros/segundo)
20	4	15.06	15.77	15.94	16.2	0.266	0.254	0.251	0.247	0.254
30	4	13.42	12.61	13.29	13.11	0.298	0.317	0.301	0.305	0.305
40	4	12.51	12.06	11.33	12.32	0.320	0.332	0.353	0.325	0.332
50	4	16.47	11.15	11.78	11.60	0.243	0.359	0.340	0.345	0.321
60	4	10.83	11.59	10.61	11.08	0.369	0.345	0.377	0.361	0.363

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.7 Proporciones % (segunda prueba)

ABERTURA LLAVE (°)	CAUDAL TOTAL (Qvfrontal+Qvlateral)	PROPORCIONES		PROPORCIONES (%)	
		V. frotal	C. lateral	V. frotal	C.lateral
20	0.857	0.703	0.297	70%	30%
30	1.134	0.731	0.269	73%	27%
40	1.404	0.763	0.237	76%	24%
50	1.517	0.788	0.212	79%	21%
60	1.814	0.800	0.200	80%	20%
		PROMEDIO		76%	24%

Fuente: Elaboración propia

Con una contracción, el caudal del vertedero frontal disminuyó y el del canal lateral aumento.

Tercera prueba: Utilizando el vertedero frontal con una compuerta abierta, cerrada la compuerta # 1 y #3 (izquierda y derecha) y el canal lateral (Ver *Tabla 2.8, Tabla 2.9, Tabla 2.10*).

Tabla 2.8 Vertedero frontal (tercera prueba)

VERTEDERO FRONTAL										
ABERTURA LLAVE (°)	VOLUMEN (litros)	TIEMPO (seg)				CAUDAL (litros/segundo)				CAUDAL PROMEDIO (litros/segundo)
		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	
20	8	18.59	17.14	18.33	18.39	0.430	0.467	0.436	0.435	0.442
30	8	13.04	12.95	13.09	13.54	0.613	0.618	0.611	0.591	0.608
40	8	9.41	9.38	9.32	9.43	0.850	0.853	0.858	0.848	0.852
50	8	7.60	8.91	8.05	8.00	1.053	0.898	0.994	1.000	0.986
60	8	7.08	7.48	7.33	6.75	1.130	1.070	1.091	1.185	1.119

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.9 Canal lateral (tercera prueba)

CANAL LATERAL										
ABERTURA LLAVE (°)	VOLUMEN (litros)	TIEMPO (seg)				CAUDAL (litros/segundo)				CAUDAL PROMEDIO (litros/segundo)
		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	
20	4	13.63	13.81	14.01	14.01	0.293	0.290	0.286	0.286	0.289
30	4	10.62	10.22	9.97	10.60	0.377	0.391	0.401	0.377	0.387
40	4	8.85	9.11	9.57	9.10	0.452	0.439	0.418	0.440	0.437
50	4	8.77	8.12	8.59	8.98	0.456	0.493	0.466	0.445	0.465
60	4	8.44	8.66	8.38	8.06	0.474	0.462	0.477	0.496	0.477

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.10 Proporciones % (tercera prueba)

ABERTURA LLAVE (°)	CAUDAL TOTAL (Qvfrontal+Qvlateral)	PROPORCIONES		PROPORCIONES (%)	
		V. frotal	C. lateral	V. frotal	C.lateral
20	0.731	0.605	0.395	61%	39%
30	0.995	0.611	0.389	61%	39%
40	1.290	0.661	0.339	66%	34%
50	1.451	0.680	0.320	68%	32%
60	1.596	0.701	0.299	70%	30%
PROMEDIO				65%	35%

Fuente: Elaboración propia

Con dos contracciones, el caudal del vertedero frontal disminuyó y el del canal lateral aumento.

Cuarta prueba: Utilizando el vertedero frontal con sus tres compuertas abiertas, y el un orificio abierto (izquierda) (Ver *Tabla 2.11*, *Tabla 2.12*, *Tabla 2.13*).

Para esta prueba solo se utilizó la abertura de 60 °, aberturas mayores a este, crean las turbulencias habladas anteriormente.

Tabla 2.11 Vertedero frontal (cuarta prueba)

VERTEDERO FRONTAL										
ABERTURA LLAVE (°)	VOLUMEN (litros)	TIEMPO (seg)				CAUDAL (litros/segundo)				CAUDAL PROMEDIO (litros/segundo)
		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	
60	8	8.72	9.70	8.66	9.26	0.917	0.825	0.924	0.864	0.882

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.12 Orificio (cuarta prueba)

ORIFICIO										CAUDAL PROMEDIO (litros/segundo)
ABERTURA LLAVE (°)	VOLUMEN (litros)	TIEMPO (seg)				CAUDAL (litros/segundo)				
		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	
60	4	4.91	4.65	4.26	4.41	0.815	0.860	0.939	0.907	0.880

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.13 Proporciones % (cuarta prueba)

ABERTURA LLAVE (°)	CAUDAL TOTAL (Qvfrontal+Qvlatral)	PROPORCIONES		PROPORCIONES (%)	
		V. frotal	Orificio	V. frotal	Orificio
60	1.763	0.501	0.499	50%	50%

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo como resultado una proporción de 50 % entre ambos elementos hidráulicos, es decir que sale el mismo caudal por ambos elementos.

Quinta prueba: Utilizando el vertedero frontal con sus tres compuertas abiertas, y los dos orificios (Ver *Tabla 2.14*, *Tabla 2.15*, *Tabla 2.16*).

Solo se realizó un ensayo por lo ocurrido en la cuarta prueba.

Tabla 2.14 Vertedero frontal (quinta prueba)

VERTEDERO FRONTAL										
ABERTURA LLAVE (°)	VOLUMEN (litros)	TIEMPO (seg)				CAUDAL (litros/segundo)				CAUDAL PROMEDIO (litros/segundo)
		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	
60	8	11.97	12.36	13.02	12.56	0.668	0.647	0.614	0.637	0.642

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.15 Orificio (quinta prueba)

ORIFICIO										
ABERTURA LLAVE (°)	VOLUMEN (litros)	TIEMPO (seg)				CAUDAL (litros/segundo)				CAUDAL PROMEDIO (litros/segundo)
		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	
60	4	3.93	3.75	3.55	3.81	1.018	1.067	1.127	1.050	1.065

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.16 Proporciones % (quinta prueba)

ABERTURA LLAVE (°)	CAUDAL TOTAL (Qvfrontal+Qvlateral)	PROPORCIONES		PROPORCIONES (%)	
		V. frotal	Orificio	V. frotal	Orificio
60	1.707	0.376	0.624	38%	62%

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que sale más caudal por los dos orificios que por el vertedero frontal debido a la gran altura de agua de los orificios.

En las pruebas realizadas se constata el correcto funcionamiento de nuestro modelo físico ya que cumple con objetivo principal que es el de dividir los caudales y que estos tengan una proporción similar en todos los ensayos realizados.

2.4.- Presupuesto del modelo físico: divisor de caudales

El presupuesto está realizado en base a precios actuales del mercado, para los accesorios y tuberías estos precios fueron dados por la ferretería “ECUA DISTRIBUCIONES”, el modelo físico fue construido por el local “CASALUM” especializados en la elaboración de trabajos en vidrio y aluminio y por último la bomba se cotizó en “LA CASA DEL PERNO”, especializados en la venta de bombas de agua para edificaciones (Ver *Tabla 2.17*).

Tabla 2.17 Presupuesto modelo físico

PRESUPUESTO MODELO FISICO DIVISOR DE CAUDAL					
ITEN	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
1.00	MODELO FISICO				
1.01	MAQUETA	U	1	160	160
1.02	ADHESIVOS	U	3	2	6
TOTAL					166
2.00	SISTEMA DE RECIRCULACION				
2.01	BUSHING PVC ROSC. 2"X1.1/2"	U	4	1.90	7.60
2.02	NEPLO PP PERDIDO 1.1/2"	U	10	2.80	28.00
2.03	NEPLO PVC ROSC. 2X10 cm	U	1	3.40	3.40
2.04	TEE ROSC. 2"	U	1	7.95	7.95
2.05	VALVULA CHECK ROSC. 1.1/2"	U	1	12.85	12.85
2.06	VALVULA PVC ROSC. 1.1/2"	U	2	12.20	24.40
2.07	BRIDAS 2"	U	2	0.40	0.80
2.08	TEFLON	U	5	0.25	1.25
2.09	TUBERIA PVC DESAGUE 1.1/2"	U	2	2.30	4.60
2.10	CODOS PVC ROSC. 1.1/2"	U	3	2.55	7.65
2.11	CODOS PVC 2"	U	3	6.61	19.83
2.12	PEGA TUBO	U	1	1.00	1.00
2.13	TAPONES CAUCHO	U	3	1.00	3.00
2.14	BOMBA 2HP	U	1	115.00	115.00
2.15	INSTALACION ELECTRICA 110	U	1	25.00	25.00
TOTAL					262.33
3	DEPOSITOS DE AGUA				
3.01	DEPOSITO DE 115X80X80	U	1	45.00	45.00
3.02	DEPOSITO 80X10X20 cm	U	1	20.00	20.00
3.03	DEPOSITO 20X10X20 cm	U	1	10.00	10.00
TOTAL					75.00
				SUBTOTAL	503.33
				DESCUENTO %	0%
				IVA 12%	60.3996
				TOTAL	563.73

Fuente: Elaboración propia

2.5.- Mantenimiento rutinario y precauciones del modelo físico: divisor de caudales

Vidrio

Precauciones

Se evitará el contacto con otros materiales tales como: vidrios, metales y principalmente con piedras y hormigones.

Se evitará aplicar esfuerzos perpendiculares a las paredes de la maqueta, ni empujes laterales que hagan que el modelo se caiga de la mesa de apoyo o que el vidrio se rompa.

Se evitará la proximidad del modelo a fuentes de calor elevado que hagan que la silicona empiece a despegarse.

Se evitará el vertido de productos cáusticos dentro del modelo capaces de atacar el vidrio.

Evitar los productos de limpieza abrasivos o muy alcalinos. No utilice productos derivados del petróleo, como gasolina o líquido combustible.

No utilice cepillos abrasivos, cuchillas ni otros objetos que puedan rayar la superficie de manera permanente.

Evitar realizar las prácticas a la luz directa del sol o con el vidrio caliente.

Mantenimiento

Para su limpieza utilizar un paño empapado de agua limpia.

Utilice limpiacristales adecuados siguiendo las especificaciones del fabricante.

Retire inmediatamente el producto de limpieza aplicando, con un paño seco, suave y limpio.

Se recomienda realizar estas actividades a la culminación de cada práctica.

Realizar una inspección periódica del modelo físico para detectar posibles roturas y deterioros del vidrio.

Aluminio

Precauciones

Evitar el uso de limpiadores agresivos ácidos o alcalinos. Siempre siga las recomendaciones del fabricante, en relación a los procedimientos de aplicación y concentraciones, probar primero en áreas pequeñas.

Es preferible limpiar el aluminio cuando haya sombra, no intente limpiar las superficies en caliente cuando haya sol, debido a las posibles reacciones químicas sobre el aluminio.

Mantenimiento

Para su limpieza aplicar sobre la superficie un paño húmedo con una presión moderada.

Utilice limpiadores adecuados siguiendo las especificaciones del fabricante.

Retire inmediatamente el producto de limpieza aplicado, con un paño seco, suave y limpio.

Si la suciedad aún está adherida, se deberá utilizar limpiadores con cepillado o esponjado.

Se recomienda realizar estas actividades a la culminación de cada práctica.

Inspeccionar las superficies de aluminio por algunas manchas no removidas periódicamente.

Tubería PVC(accesorios)

Precauciones

No dejar caer objetos ni sustancias dentro de la tubería que afecte la recirculación del agua.

No someter a esfuerzos de tracción, choques o arrastres sobre la superficie o cualquier otra maniobra que afecte a la conservación del material.

No sobrepasar la presión de la tubería, válvulas, acoples, o de la línea general, evitando el colapso del sistema de recirculación.

Evitar trabajar en temperaturas frías ya que resultan en una disminución de la flexibilidad de la tubería es decir disminuye su fuerza de resistir impactos.

Mantenimiento

Para su limpieza aplicar productos químicos, cepillos mecánicos o agua a presión, para desobstruir la tubería.

Reparaciones de la tubería y accesorios puntuales, que consisten en la fijación en el interior de una unión defectuosa o mediante la inyección de resinas para controlar pequeñas fugas que se pueden dar en el sistema.

Realizar inspecciones visuales periódicas del sistema de conducción de agua, con el fin de identificar roturas o fugas en la tubería o en sus accesorios.

Bomba de agua (2 hp)

Precauciones

Especificar los caudales máximos y mínimos que pueden llegar a necesitarse, y la capacidad normal de trabajo.

Evitar el bloqueo durante las operaciones de succión y descarga de la bomba, cualquier operación en esas condiciones, incluso si es por un período breve, puede provocar el excesivo sobrecalentamiento del producto bombeado y provocar una violenta explosión.

Identificar los fluidos peligrosos y/o tóxicos, y eliminar la posibilidad de exposición a altas temperaturas.

Mantener el sistema eléctrico de la bomba seco durante y después de las prácticas realizadas.

No realizar operaciones o mantenimiento de la bomba sin una previa lectura del manual de instrucciones.

Mantenimiento

Limpiar periódicamente los conductos de entrada y salida del agua.

Observar el desempeño de la bomba con respecto a la curva de rendimiento y caballaje, y observar si existen posibles fugas.

Dejar libre de agua la entrada de la bomba, evitando la oxidación progresiva de la bomba en sus partes internas.

Recipiente de latón

Precauciones

Evitar el uso de limpiadores agresivos ácidos o alcalinos. Siempre siga las recomendaciones del fabricante, en relación a los procedimientos de aplicación y concentraciones, probar primero en áreas pequeñas.

Es preferible limpiar el latón cuando haya sombra, no intente limpiar las superficies en caliente cuando haya sol, debido a las posibles reacciones químicas sobre el latón.

No dejar con agua después de las prácticas evitando así el deterioro de los recipientes, provocando que el agua se empoce y de la aparición de mosquitos o insectos en el recipiente.

Mantenimiento

Lo más normal es lavarlos con agua y jabón, después pasar un paño seco.

Utilice limpiadores adecuados siguiendo las especificaciones del fabricante.

Inspeccionar las superficies de latón por algunas manchas no removidas periódicamente.

Si el objeto está muy deteriorado, lo mejor es pulirlo y barnizarlo de nuevo.

2.6.- Esquema general del modelo físico



Figura 2.28 Esquema general del modelo físico

Fuente: Elaboración propia



Figura 2.29 Esquema del modelo físico

Fuente: Elaboración propia

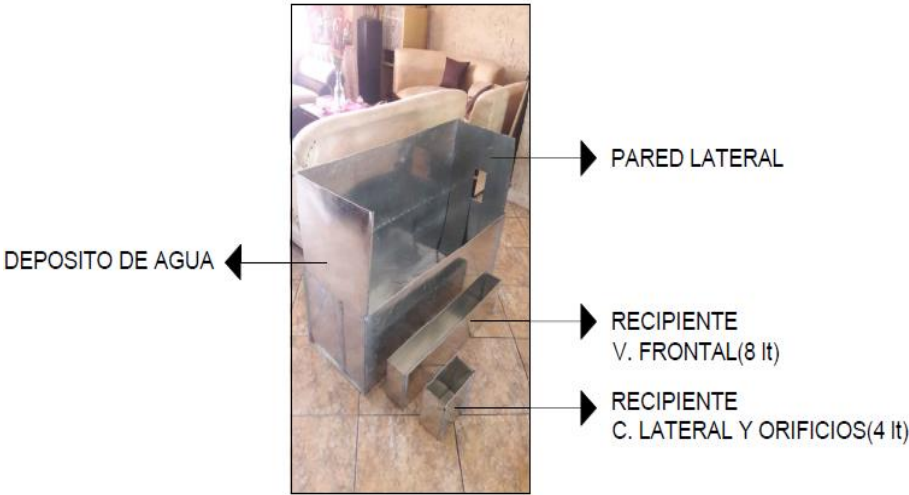


Figura 2.30 Esquema depósitos de agua

Fuente: Elaboración propia



DESCRIPCION

- 1 LLAVE REGULADORA DE CAUDAL
- 2 TEE 2 PULGADAS
- 3 V. ANTIRETORNO 1 1/2 PULGADA (CHECK)
- 4 BUSHING 2 PULGADAS
- 5 NEPLO 1 1/2 PULGADA
- 6 CODO 90 GRADOS 1 1/2 PULGADA
- 7 TUBERIA DE DESAGUE 2 PULGADAS
- 8 CODO 90 GRADOS 2 PULGADAS
- 9 BOMBA DE AGUA (2HP)
- 10 CONEXION ELECTRICA

Figura 2.31 Esquema sistema de recirculación

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO III

3. Elaboración de la guía metodológica y ficha de resultados

3.1.- Ensayo de divisor de caudales

Para este ensayo se tomará en consideración el modelo físico definitivo que se decidió en base de la validación de datos realizada en el capítulo anterior, la recirculación del agua y el tanque de almacenamiento de agua, trabajando en conjunto formando un solo cuerpo que ayudará a realizar las prácticas de laboratorio de este elemento hidráulico que forma parte de una captación de agua.

3.1.1.- Objetivo

El objetivo de realizar una guía metodológica y una ficha de resultados es la de poder comprender, paso a paso, cómo se realizan las pruebas en este modelo físico con el afán de que los estudiantes que vayan a realizar esta práctica puedan realizarla sin ninguna dificultad, de una manera ordenada y sin contratiempos ni problemas al momento que se estén realizando estas pruebas de laboratorio.

3.1.2.- Alcance

El mayor logro al momento de realizar estas pruebas de laboratorio en el modelo físico es que los estudiantes comprendan de mejor manera el comportamiento del agua tanto al ingreso como a la salida del elemento hidráulico en estudio, además de lograr despertar en los estudiantes el interés por las asignaturas de hidráulica.

3.1.3.- Instrumentos

Para realizar la práctica se necesitarán de los siguientes materiales:

- Modelo físico
- Recirculación del agua
- Tanque de almacenamiento de agua
- Cronómetro

- Guía metodológica
- Recipientes
- Graduador
- Calculadora

3.2.- Esquema para la guía metodológica

La estructura para realizar una guía metodológica se basa en cinco puntos que serán detallados a continuación:

3.2.1.- Descripción

Se hablará sobre el tipo de elemento hidráulico con el que se va a realizar la práctica y como se irán tomando las mediciones para obtener los resultados esperados para esta prueba de laboratorio.

3.2.2.- Fórmulas a emplear

En este punto irán todas las fórmulas o ecuaciones que se usarán durante el desarrollo de la prueba de laboratorio.

3.2.3.- Procedimiento de la práctica

El enfoque de este punto es la de explicar paso a paso cómo realizar la práctica de divisor de caudales de la manera correcta, evitando que haya confusión en los estudiantes al momento de realizar las pruebas, y así evitar pérdidas de tiempo innecesarias.

3.2.4.- Ficha de resultados

La ficha de resultados es de vital importancia en la guía metodológica ya que en ella estarán todos los resultados obtenidos de las mediciones y cálculos correspondientes, para ello se diseñará una ficha en base al tipo de pruebas que se realizará en el modelo físico.

3.2.5.- Preguntas y recomendaciones

En vista de seguir mejorando continuamente este tipo de pruebas de laboratorio se diseñarán preguntas con el objetivo de conocer si los estudiantes adquirieron mejorar su destreza al momento de hablar sobre el elemento hidráulico en cuestión y si sirvió este tipo de prácticas. Además se dejará un espacio en blanco para que los estudiantes puedan dar sus recomendaciones sobre esta prueba de laboratorio con el fin de seguir mejorando estas pruebas y así conseguir llegar a los estudiantes de una manera directa que sea de su fácil comprensión.

3.3.- Guía metodológica

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE LABORATORIO EN EL MODELO FÍSICO SOBRE EL ELEMENTO HIDRÁULICO DIVISOR DE CAUDALES DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY

Objetivo

Proporcionar a los estudiantes un modelo de guía metodológica con el cuál puedan realizar las tareas pedidas en esta práctica de una manera ordenada y correcta alcanzando la participación activa de los estudiantes en el proceso de aprendizaje.

Descripción

Como bien su nombre lo dice su función es la de dividir el caudal en proporciones, tomando en cuenta la situación para la que fue o será diseñada, en esta práctica se verá más a profundidad el funcionamiento físico de este elemento con el fin de lograr profundizar el aprendizaje de los estudiantes, para ello se cuenta con un modelo físico y todos los accesorios necesarios para poder cumplir con la práctica en su totalidad, entre estos accesorios está el graduador metálico para poder regular la abertura de la llave reguladora de caudal y los recipientes para poder tomar los tiempos que serán necesarios para poder calcular los caudales y las alturas pedidas en esta práctica. El tiempo promedio para realizar la práctica completa es de 90 minutos.

Fórmulas a emplear

Fórmula 1: Ecuación de caudal

$$Q = \frac{\text{Volumen (lt.)}}{\text{Tiempo (Seg.)}}$$

Fórmula 2: Ecuación del vertedero

$$EC.VERTEDERO(q) = Co * be * H^{\frac{3}{2}}$$

Q= caudal [m³/seg]

H= altura del agua [m]

P= altura del vertedero [m]

b= ancho de los vertederos [m]

Fórmula 3: Ecuación del coeficiente Co

$$Co = 1.777 + 0.221 * \frac{H}{P}$$

H= altura del agua [m]

P= altura del vertedero [m]

Fórmula 4: Ecuación de ancho efectivo para vertederos con constricciones

$$be = b - \frac{n * H}{10}$$

n= número de constricciones

b= ancho de los vertederos

Procedimiento para la práctica

Proceso para las mediciones del vertedero frontal y el canal lateral

1.- Llenar el depósito de almacenamiento de agua hasta una altura de 10 cm por encima del agujero lateral del tanque, debido a que alturas mayores a 10 cm, producirán pandeos laterales provocando deformaciones irreversibles al depósito de latón (Ver *Figura 3.1*).



Figura 3.1 Depósito de almacenamiento de agua

Fuente: Elaboración propia

2.- Llenar el modelo físico hasta la cresta del vertedero frontal y el canal lateral ($p=30\text{cm}$), como se indica en la *Figura 3.2*.



Figura 3.2 Modelo físico

Fuente: Elaboración propia

3.- Conectar la bomba al enchufe más cercano y mantener alejado el cableado de la bomba lo más posible del modelo físico. **CONSIDERAR** que la bomba trabaja a 110 voltios, **NO** a 220 voltios, ya que a 220 voltios se usa para instalaciones a edificios con

alturas mayores a 10 metros donde se necesita mayor potencia por parte de la bomba (Ver *Figura 3.3*).



Figura 3.3 Conexión eléctrica

Fuente: Elaboración propia

4.- Cerrar la llave que recircula el agua al modelo físico completamente, y abrir completamente la llave que recircula el agua al tanque (Ver *Figura 3.4*).

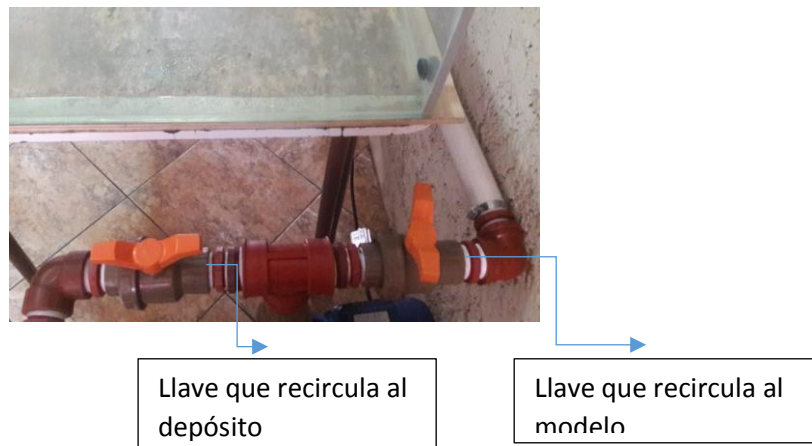


Figura 3.4 Llaves reguladoras de caudal

Fuente: Elaboración propia

5.- Prender la bomba y esperar 10 segundos para que la bomba quede cebada y después apagar la bomba (Ver *Figura 3.5*).



Figura 3.5 Cebamiento de la bomba

Fuente: Elaboración propia

6.- Verificar que los orificios estén tapados completamente y poner la tira de vidrio de 1.5 cm antes de que empiece a funcionar el canal lateral con el objetivo de que no se produzca una perturbación el flujo (Ver *Figura 3.6*).



Figura 3.6 Orificios tapados y tira de vidrio

Fuente: Elaboración propia

7.- Dejar abierta completamente la llave que recircula al tanque y con la ayuda del graduador metálico abrir la llave que recircula el agua al modelo 20 grados, sacar las 3 compuertas del vertedero frontal y la compuerta del canal lateral, prender la bomba y esperar a que el modelo empiece a funcionar (Ver *Figura 3.7*).



Figura 3.7 Apertura de la llave a 20 grados

Fuente: Elaboración propia

8.- Una vez que el agua empieza a circular por el vertedero frontal ya abierta las 3 compuertas y la compuerta del canal lateral esperar unos segundos hasta que se normalice la caída del agua, y con la ayuda del recipiente más grande (8 litros) recolectar todo el caudal que cae por el vertedero frontal y tomar el tiempo que se demora en llenar hasta la mitad (10 cm de altura desde el fondo del recipiente) (tomar 3 veces el tiempo y sacar un promedio aritmético de estas y anotar en la ficha de resultados), como se indica en la Figura 3.8, y en la *Figura 3.9*.



Figura 3.8 Circulación (3 Comp. y C. Lateral)

Fuente: Elaboración propia



Figura 3.9 Toma de muestras vertedero frontal

Fuente: Elaboración propia

9.- Ahora con la ayuda del recipiente más pequeño (4 litros) recolectar todo el caudal que cae por el canal lateral y tomar el tiempo que se demora en llenar completamente (10 cm de altura desde la base del recipiente) (tomar 3 veces el tiempo, sacar un promedio aritmético de estas y anotar en la ficha de resultados), como se indica en la *Figura 3.10*.



Figura 3.10 Toma de muestras canal lateral y orificios

Fuente: Elaboración propia

10.- Una vez tomados los tiempos para la abertura de 20 grados apagar inmediatamente la bomba y con los tiempos obtenidos y el volumen de los recipientes calcular el caudal que circula por el vertedero frontal y el canal lateral aplicando la Fórmula 1 (anotar los datos obtenidos en la ficha de resultados) (Ver *Figura 3.11*).



Figura 3.11 Apagado de la bomba

Fuente: Elaboración propia

11.- Con los caudales obtenidos y con la ayuda de las Fórmulas 2, 3 y 4, calcular la altura de agua (H) para el vertedero frontal y el canal lateral (Anotar los datos obtenidos en la ficha de resultados).

12.- Realizar el mismo procedimiento desde el paso 7 hasta el 11 pero ahora con las siguientes aberturas de la llave: 30, 40, 50 y 60 grados.

Sugerencia: Cuando se haga la prueba con las tres compuertas abiertas, colocar la pared de latón lateral, evitando que el agua salpique fuera del depósito de agua (Ver *Figura 3.12*).

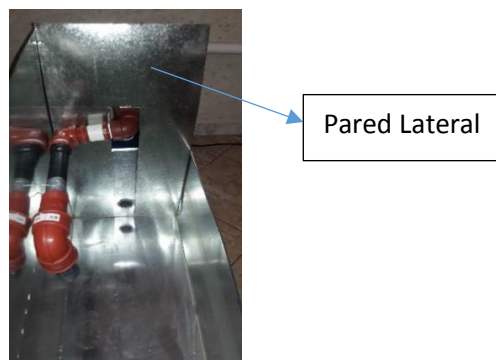


Figura 3.12 Pared de latón lateral

Fuente: Elaboración propia

Vertedero frontal (una compuerta cerrada) y canal lateral, realizar el mismo procedimiento desde el paso 7 hasta el 11 con los mismos depósitos de agua y las siguientes aberturas de la llave: 20, 30, 40, 50 y 60 grados (Ver *Figura 3.13*).



Figura 3.13 Circulación de caudal (1 comp. y canal lateral)

Fuente: Elaboración propia

Vertedero frontal (dos compuertas cerradas) y canal lateral, realizar el mismo procedimiento desde el paso 7 hasta el 11 con los mismos depósitos de agua y las siguientes aberturas de la llave: 20, 30, 40, 50 y 60 grados (Ver *Figura 3.14*).



Figura 3.14 Circulación de caudal (2 comp. y canal lateral)

Fuente: Elaboración propia

Proceso para las mediciones del vertedero frontal y los orificios

- 1.- Llenar el depósito de almacenamiento de agua hasta una altura de 10 cm por encima del agujero lateral del tanque, debido a que alturas mayores a 10 cm, producirán pandeos laterales provocando deformaciones irreversibles al depósito de latón.
- 2.- Llenar el modelo físico hasta la cresta del vertedero frontal y el canal lateral ($p=30\text{cm}$).
- 3.- Conectar la bomba al enchufe más cercano y mantener alejado el cableado de la bomba lo más posible del modelo físico. **CONSIDERAR** que la bomba trabaja a 110 voltios, **NO** a 220 voltios, ya que a 220 voltios se usa para instalaciones a edificios con alturas mayores a 10 metros donde se necesita mayor potencia por parte de la bomba.
- 4.- Cerrar la llave que recircula el agua al modelo físico completamente, y abrir completamente la llave que recircula el agua al tanque.
- 5.- Prender la bomba y esperar 10 segundos para que la bomba quede cebada y después apagar la bomba.
- 6.- Verificar que la compuerta del canal lateral este completamente cerrada, y las 3 compuertas del vertedero frontal estén abiertas (Ver *Figura 3.15*).

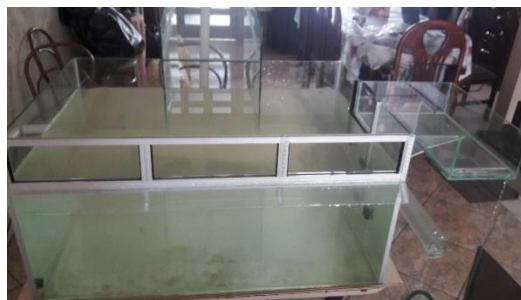


Figura 3.15 Tres comp. abiertas y canal lateral cerrado

Fuente: Elaboración propia

- 7.- Dejar abierta completamente la llave que recircula al tanque y con la ayuda del graduador metálico abrir la llave que recircula el agua al modelo 60 grados, prender la bomba y esperar a que el modelo empiece a funcionar (*Figura 3.16*).



Figura 3.16 Apertura de la llave a 60 grados

Fuente: Elaboración propia

8.- Una vez que el agua empiece a circular por el vertedero frontal, abiertas las 3 compuertas esperar unos segundos hasta que se normalice la caída del agua e inmediatamente procedemos a retirar cualquier tapón de uno de los orificios (Ver *Figura 3.17*).

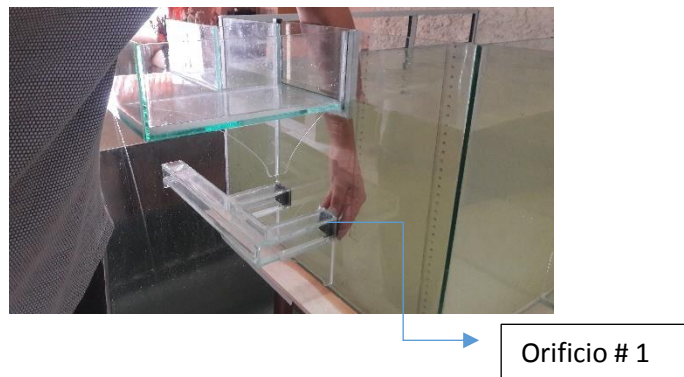


Figura 3.17 Apertura de un orificio

Fuente: Elaboración propia

9.- Ahora con la ayuda del recipiente más grande (8 litros), recolectar todo el caudal que cae por el vertedero frontal y tomar el tiempo que se demora en llenarse hasta la mitad (10 cm de altura desde el fondo del recipiente) (tomar 3 veces el tiempo, sacar un promedio aritmético de estas y anotar en la ficha de resultados) (Ver *Figura 3.18*).

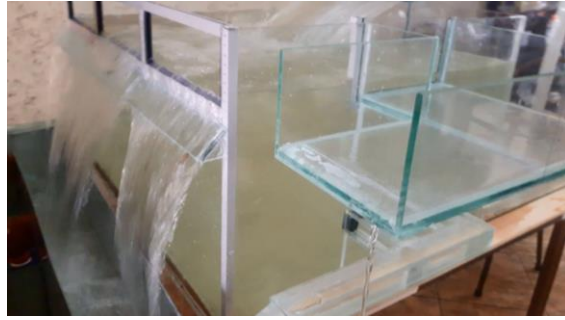


Figura 3.18 Toma de muestras vertedero frontal

Fuente: Elaboración propia

10.- A continuación, con la ayuda del recipiente más pequeño (4 litros), recolectar todo el caudal que sale por el orificio y tomar el tiempo que se demora en llenarse completamente (10 cm de altura desde el fondo del recipiente) (tomar 3 veces el tiempo, sacar un promedio aritmético de estas y anotar en la ficha de resultados) (Ver *Figura 3.19*).



Figura 3.19 Toma de muestras de los orificios

Fuente: Elaboración propia

11.- Inmediatamente retirar el tapón restante y repetir el paso 9 y el paso 10 (Ver *Figura 3.20*).

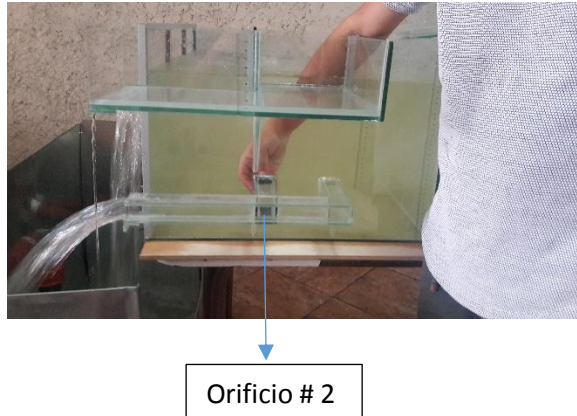


Figura 3.20 Apertura del segundo orificio

Fuente: Elaboración propia

12.- Una vez tomados los tiempos tapar los orificios con los tapones y después apagar inmediatamente la bomba, con los tiempos obtenidos y el volumen de los recipientes, calcular el caudal que circula por el vertedero frontal y los orificios con la ayuda de la Fórmula 1 (anotar los datos obtenidos en la ficha de resultados) (Ver *Figura 3.21*).



Figura 3.21 Tapado de los orificios

Fuente: Elaboración propia

SUGERENCIA: Esta práctica se puede realizar utilizando todas las aberturas de la llave reguladora de caudal (20, 30, 40, 50 grados), pero por motivos de tiempo solo se tomará encuentra la medición a 60 grados (Ver *Figura 3.22*).



Figura 3.22 Diferentes aperturas de la llave

Fuente: Elaboración propia

Ficha de resultados para las mediciones del vertedero frontal y el canal lateral

Tabla 3.1 Ficha de 3 compuertas abiertas (vert. front.) y canal rect.

3 COMPUERTAS ABIERTAS DEL VERT. FRONTAL Y CANAL RECT.				
	VERTEDERO FRONTAL			
ABERTURA LLAVE	VOL. (LT)	T.PROM(SEG)	Q(LT/S)	H(CM)
20°	8			
30°	8			
40°	8			
50°	8			
60°	8			
	CANAL LATERAL			
ABERTURA LLAVE	VOL. (LT)	T.PROM(SEG)	Q(LT/S)	H(CM)
20°	4			
30°	4			
40°	4			
50°	4			
60°	4			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.2 Proporciones de caudal 3 compuertas abiertas y canal

ABERTURA LLAVE	Q TOTAL	% Q VERT. F.	% Q CAN.LA.	% TOTAL
20°				
30°				
40°				
50°				
60°				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.3 Ficha 2 compuertas abiertas (vert. front.) y canal rect.

2 COMPUERTAS ABIERTAS DEL VERT. FRONTAL Y CANAL RECT.				
	VERTEDERO FRONTAL			
ABERTURA LLAVE	VOL. (LT)	T.PROM(SEG)	Q(LT/S)	H(CM)
20°	8			
30°	8			
40°	8			
50°	8			
60°	8			
	CANAL LATERAL			
ABERTURA LLAVE	VOL. (LT)	T.PROM(SEG)	Q(LT/S)	H(CM)
20°	4			
30°	4			
40°	4			
50°	4			
60°	4			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.4 Proporciones de caudal 2 compuertas abiertas y canal

ABERTURA LLAVE	Q TOTAL	% Q VERT. F.	% Q CAN.LA.	% TOTAL
20°				
30°				
40°				
50°				
60°				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.5 Ficha 1 compuerta abierta (vert. front.) y canal rect.

1 COMPUERTA ABIERTA DEL VERT. FRONTAL Y CANAL RECT.				
	VERTEDERO FRONTAL			
ABERTURA LLAVE	VOL. (LT)	T.PROM(SEG)	Q(LT/S)	H(CM)
20	8			
30	8			
40	8			
50	8			
60	8			
	CANAL LATERAL			
ABERTURA LLAVE	VOL. (LT)	T.PROM(SEG)	Q(LT/S)	H(CM)
20	4			
30	4			
40	4			
50	4			
60	4			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.6 Proporciones de caudal 1 compuerta abierta y canal

ABERTURA LLAVE	Q TOTAL	% Q VERT. F.	% Q CAN.LA.	% TOTAL
20°				
30°				
40°				
50°				
60°				

Fuente: Elaboración propia

Ficha de resultados para las mediciones del vertedero frontal y los orificios

Tabla 3.7 Ficha 3 compuertas abiertas (vert. front.) Y 1 orificio

3 COMPUERTAS ABIERTAS DEL VERT. FRONTAL Y UN ORIFICIO				
	VERTEDERO FRONTAL			
ABERTURA LLAVE	VOL. (LT)	T.PROM(SEG)	Q(LT/S)	H(CM)
60°	8			
	ORIFICIO			
ABERTURA LLAVE	VOL. (LT)	T.PROM(SEG)	Q(LT/S)	H(CM)
60°	4			0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.8 Proporciones de caudal 3 compuertas abiertas y 1 orificio

ABERTURA LLAVE	Q TOTAL	% Q VERT. F.	% Q ORIF.	% TOTAL
60°				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.9 Ficha de 3 compuertas abiertas (vert. front.) y 2 orificios

3 COMPUERTAS ABIERTAS DEL VERT. FRONTAL Y DOS ORIFICIOS				
	VERTEDERO FRONTAL			
ABERTURA LLAVE	VOL. (LT)	T.PROM(SEG)	Q(LT/S)	H(CM)
60°	8			0
	2 ORIFICIOS			
ABERTURA LLAVE	VOL. (LT)	T.PROM(SEG)	Q(LT/S)	H(CM)
60°	4			0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.10 Proporciones de caudal 3 compuertas abiertas y 2 orificios

ABERTURA LLAVE	Q TOTAL	% Q VERT. F.	% Q ORIF.	% TOTAL
60°				

Fuente: Elaboración propia

Preguntas y recomendaciones

- 1.- ¿Por qué cree que se dan cambios en la proporcionalidad cuando se empiezan a cerrar las compuertas en el vertedero frontal?
- 2.- ¿En qué cree que afecta la NO colocación de la tira de vidrio en el canal lateral al momento de hacer las prácticas?
- 3.- ¿A qué se debe el aumento de la proporcionalidad cuando trabajan los dos orificios abiertos, en comparación cuando trabaja solo un orificio?
- 4.- ¿Cree usted que el valor del C_d de los orificios es 0.61 como lo aprendido en clases? Justifique su respuesta.
- 5.- ¿Por qué cree que la carga hidráulica es la misma cuando trabaja un orificio abierto con respecto a los dos orificios abiertos?

Conclusiones

Con la realización de este trabajo de titulación, se obtuvo el modelo físico del elemento hidráulico divisor de caudales junto con su depósito de almacenamiento y su sistema de recirculación de agua, además de una guía metodológica y una ficha de resultados para realizar prácticas de laboratorio en la Universidad del Azuay.

En las pruebas para la validación de datos del modelo físico, se identificaron detalles que podrían causar inconvenientes al momento de realizar las prácticas, por ello se las consideró al momento de la redacción de la guía metodológica.

La guía metodológica y la ficha de resultados están acorde a las condiciones del modelo físico realizado, pudiendo en un futuro aumentar el número de guías así como el número de prácticas de laboratorio, cuando la Universidad lo requiera.

Recomendaciones

Cuando se realicen las prácticas de laboratorio se deberá usar ropa adecuada, así como tener a la mano los instrumentos solicitados para llevar a cabo la práctica de la mejor manera posible.

Tener precaución con la bomba de agua, siempre revisar que no esté tapada la entrada del agua con ningún objeto al momento de iniciar la práctica, evitando que se dañe toda la recirculación del modelo. Además de manejar los recipientes de latón y el modelo físico con extremo cuidado posible debido a que podría lastimar la integridad de los estudiantes.

Por último llevar a cabo la práctica, siguiendo la guía metodológica en su totalidad sin saltarse o evitar pasos ya que podrían afectar en el rendimiento del modelo así como del sistema de recirculación.

Anexos

Anexo 1: Construcción del modelo físico, depósito de almacenamiento y sistema de recirculación



Figura 1: Construcción del modelo

Fuente: Elaboración propia



Figura 2: Construcción del divisor

Fuente: Elaboración propia



Figura 3: Construcción de los orificios

Fuente: Elaboración propia



Figura 4: Construcción del canal $b=30\text{cm}$

Fuente: Elaboración propia



Figura 5: Vista frontal del modelo físico

Fuente: Elaboración propia



Figura 6: Orificios y canal lateral

Fuente: Elaboración propia



Figura 7: Canal lateral
Fuente: Elaboración propia



Figura 8: Cebamiento de la bomba
Fuente: Elaboración propia



Figura 9: Modelo físico y depósito
Fuente: Elaboración propia



Figura 10: Modelo físico y recirculación
Fuente: Elaboración propia



Figura 11: Vertedero frontal y canal lateral
Fuente: Elaboración propia



Figura 13: Orificios tapados

Fuente: Elaboración propia



Figura 14: Destape de orificios

Fuente: Elaboración propia



Figura 15: Toma de muestras canal lateral

Fuente: Elaboración propia

Bibliografía

Castillo, L. (En prensa). Simulación numérica con CFD de una captación con rejas de fondo. *Jornadas sobre modelación hidrológica en zonas semiáridas Murcia*.

Fernández, L. (2005). *¿Cómo elaborar un informe de investigación?*. Universidad de Barcelona. Barcelona. España

González, A. (2004). *Guía metodológica de la evaluación*. Universidad de la Habana. Habana. Cuba.

Gómez, G., Galarza, R., Rodríguez, O. (2014). *Orificios*. Universidad Militar Nueva Granada. Granada. España

Gómez, J. (2017). *Diseño de la captación de rejilla lateral para dotar agua para un proyecto acuícola en el sector El Padmi*. Universidad Técnica de Machala. Machala. Ecuador.

Guerrero, L. (2013). *Diseño hidrosanitario y tratamiento de secundario de aguas servidas para el dormitorio de cadetes de tercer año de la Escuela Superior de Policía "Gral. Alberto Enríquez Gallo"*. Universidad San Francisco de Quito. Quito. Ecuador.

Mejía, F. (2013). *Estructuras de vertimiento de aguas en laderas de media a fuerte pendiente*. Universidad Nacional de Colombia. Manizales. Colombia

Pacheco, E. (2012). *Manual de diseño de elementos para una captación convencional*. Universidad de Cuenca. Cuenca. Ecuador

Ponce, R. (2015). *Diseño hidráulico de bocatoma*. Universidad de San Martín de Porres. Lima. Perú.

Sviatoslav, K. (1968). *Diseño hidráulico*, Editorial Universitaria.-Quito.