



**UNIVERSIDAD  
DEL AZUAY**

**Universidad del Azuay**

**Maestría en Hidrosanitaria**

**MODELACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE UNA  
ESTRUCTURA DERIVADORA DE CAUDAL TIPO VERTEDERO MEDIANTE EL  
PROGRAMA FLOW 3D.**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de  
Magister en Hidrosanitaria**

**Autor: Ing. Jorge Antonio Brito Soliz**

**Director: Ing. Oswaldo Torres Vázquez, M.Sc.**

**Cuenca, Ecuador**

**2022**

## **DEDICATORIA**

A mis Padres Jorge Eduardo y Ruth Cecilia, por sus enseñanzas, paciencia, amor y consejos durante toda mi vida que me han guiado y apoyado para alcanzar esta meta.

A mis hermanos Josué y Fernanda, por su ejemplo y apoyo incondicional para seguir adelante y cumplir con mis metas.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por guiarme en mi vida, darme las fuerzas y sabiduría para la realización de este proyecto.

A mis padres y hermanos por su confianza en todo momento y guía para la elaboración de este trabajo.

Al mi Director el Ingeniero Oswaldo Torres por su guía, conocimiento y apoyo en la realización de este trabajo.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE .....</b>	<b>3</b>
1.1 Estructuras derivadoras de caudal .....	3
1.2 Viscosidad .....	4
1.3 Tipo de Flujo .....	5
1.4 Efecto de la gravedad .....	5
1.5 Ecuaciones presentes en flujos turbulentos incompresibles .....	6
1.5.1 Ecuación de conservación de la masa (continuidad) .....	6
1.5.2 Ecuación de conservación del Momentum .....	7
1.5.3 Fuerzas de corte en las paredes .....	9
1.5.4 Evaluación de la viscosidad .....	9
1.5.5 Ecuación del flujo a superficie libre (VOF) .....	10
1.6 Modelo de Turbulencia .....	11
1.6.1 Modelo de longitud de mezcla de Prandtl .....	12
1.6.2 Modelo de turbulencia de una ecuación .....	13
1.6.3 Modelo k- $\epsilon$ estándar .....	13
1.6.4 Modelo de dos ecuaciones k- $\omega$ .....	13
1.6.5 Modelo LES .....	13
1.6.6 Modelo k- $\epsilon$ del Grupo Renormalizado (RNG) .....	14

1.7 Estado del arte.....	15
<b>CAPÍTULO 2 MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>18</b>
2.1 Generalidades.....	18
2.2 Definición de la estructura derivadora de caudal tipo vertedero .....	19
2.3 Definición de las condiciones físicas y del flujo: .....	21
2.4 Creación de la geometría y propiedades de los materiales: .....	22
2.5 Generación de mallas: .....	23
2.6 Condiciones de contorno: .....	24
2.7 Condiciones iniciales:.....	25
2.8 Definición de modelos:.....	25
2.9 Definición de resultados: .....	26
2.10 Post procesamiento:.....	27
<b>CAPÍTULO 3 RESULTADOS .....</b>	<b>28</b>
3.1 Generalidades.....	28
3.2 Modelo Derivador M20 (M2-2 L=2.25m).....	34
3.3 Modelo Derivador M24 (M2-2 L=2.25m).....	39
<b>CAPÍTULO 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>43</b>
4.1 Conclusiones .....	43
4.2 Recomendaciones.....	45
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>47</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Esquema vertedero .....	4
Figura 1.2: Esquema de la fracción de volumen de fluido y la interfaz de fluido .....	11
Figura 2.1: Estructura del código CFD .....	18
Figura 2.2: Esquema en planta de estructura derivadora tipo vertedero .....	19
Figura 2.3: Esquema corte A-A de estructura derivadora tipo vertedero .....	20
Figura 2.4: Esquema corte B-B de estructura derivadora tipo vertedero .....	20
Figura 2.5: Esquema corte C-C de estructura derivadora tipo vertedero .....	21
Figura 2.6: Aplicación de favor de estructura derivadora tipo vertedero .....	24
Figura 2.7: Condiciones de contorno estructura derivadora tipo vertedero .....	25
Figura 2.8: Esquema de flux Surface y marcadores .....	27
Figura 3.1: Comportamiento de los modelos al incrementar las dimensiones largo - ancho .....	28
Figura 3.2: Fuerza cortante plano XY, M13, dimensiones de 1.50 m de largo y 1.50 m de ancho .....	29
Figura 3.3: Fuerza cortante plano XY, M17, dimensiones de 3.00 m de largo y 3.00 m de ancho .....	30
Figura 3.4: Fuerza cortante plano XY, M15, (2.25 m de largo y 2.25 m de ancho) ..	30
Figura 3.5: Fuerza cortante plano XY, M20, (2.25 m de largo y 1.50 m de ancho) ..	31
Figura 3.6: Fuerza cortante plano XY, M23, (1.50 m de largo y 2.25 m de ancho) ..	31
Figura 3.7: Fuerza cortante plano XY M6, 0.15 m de ancho de vertedero (1.50 m de largo y 3.00 m de ancho) .....	32
Figura 3.8: Fuerza cortante plano XY M10, 0.30 m de ancho de vertedero (1.50 m de largo y 3.00 m de ancho) .....	32
Figura 3.9: Fuerza cortante plano XY M6, vertedero inclinado (1.50 m de largo y 3.00 m de ancho) .....	33
Figura 3.10: Fuerza cortante plano XY M8, vertedero inclinado (1.50 m de largo y 3.00 m de ancho) .....	33
Figura 3.11: Variación de Caudal sanitario M3, M5, M6 y M7 en función de la posición de la tubería de salida .....	34
Figura 3.12: Modelo Derivador M20 (M2-2 L=2.25m) .....	34
Figura 3.13: Altura de agua plano XZ, M20 .....	36
Figura 3.14: Altura de agua plano YZ, M20 .....	36

Figura 3.15: Altura de agua plano XZ, M15 .....	36
Figura 3.16: Altura de agua plano YZ, M15 .....	37
Figura 3.17: Fuerza cortante plano XY, M20 .....	37
Figura 3.18: Líneas de flujo y esquema M20 .....	38
Figura 3.19: Fuerza cortante plano XY, M15 .....	38
Figura 3.20: Líneas de flujo y esquema M15 .....	38
Figura 3.21: Modelo Derivador M24 (M2-2 L=2.25m) .....	39
Figura 3.22: Alturas de agua modelo M20 (M2-2 L=2.25m) para y/d de 0.6.....	42
Figura 3.23: Alturas de agua modelo M20 (M2-2 L=2.25m) para y/d de 0.7.....	42

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Equivalencia de $n$ de Manning a $k_s$ de Nikuradse .....	23
Tabla 3.1: Información Modelo Derivador M20 (M2-2 L=2.25m).....	35
Tabla 3.2: Información Modelo Derivador M24 (M2-2 L=2.25m).....	40
Tabla 3.3: Caudales derivados para el modelo M20 en función del $y/d$ de la tubería de ingreso .....	41

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Información de Modelos y Resultados
----------------------------------------------------



## RESUMEN

### **MODELACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE UNA ESTRUCTURA DERIVADORA DE CAUDAL TIPO VERTEDERO MEDIANTE EL PROGRAMA FLOW 3D.**

Con el propósito optimizar el comportamiento hidráulico de una estructura derivadora de caudal tipo vertedero de la ciudad de Cuenca se ha utilizado la Dinámica de Fluidos Computacional (CFD) mediante el programa FLOW 3D para modelar el flujo en tres dimensiones. Para esto se proponen varias configuraciones modificando las condiciones geométricas y distribución de los elementos que componen la estructura. Para elegir el modelo más eficiente se consideran las condiciones de funcionamiento más desfavorables, esto implica que la estructura funciona a su máxima capacidad en términos de caudal, y se selecciona el que muestra el mejor desempeño global considerando los caudales derivados, las dimensiones y el comportamiento del flujo para las condiciones de funcionamiento. Posteriormente se simula la estructura dentro de un rango de caudales y se establecen recomendaciones.

**Palabras Clave:** estructura derivadora de caudal, flujo, dinámica de fluidos computacional

## ABSTRACT

### MODELING AND OPTIMIZATION OF THE HYDRAULIC BEHAVIOR OF A WEIR TYPE STRUCTURE TO DERIVE FLOW THROUGH THE FLOW 3D PROGRAM

In order to optimize the hydraulic behavior of a weir-type structure to derive flow from Cuenca, Computational Fluid Dynamics (CFD) has been used through the FLOW 3D program to model the flow in three dimensions. To do that, several configurations are proposed, modifying the geometric conditions and distribution of the elements that make up the structure. To choose the most efficient model, the most unfavorable operating conditions are considered, this implies that the structure works at its maximum capacity in terms of flow, and the one that shows the best overall performance is selected considering the derived flows, dimensions, and behavior of the flow for the operating conditions.

**Keywords:** flow diversion structure, flow, computational fluid dynamics.



Translated by



Firmado electrónicamente por:  
**JORGE  
ANTONIO**

Jorge Brito Soliz