

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

---

**Estudio de confluencia de ríos mediante modelo físico en laboratorio de  
hidráulica de la Universidad de Piura.**

---

**Línea de investigación:** Ingeniería Civil

**Sub línea de investigación:** Hidráulica

**Autores:**

Guizado García, Antonio Juniors

Suyón Zapata, Andy Jonathan

**Jurado Evaluador:**

**Presidente:** Cabanillas Quiroz, Guillermo

**Secretario:** Vértiz Malabrigo, Manuel

**Vocal :** Salazar Perales, Álvaro

**Asesor:**

García Rivera, Juan Pablo

**Código ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-3498-7934>

**Piura – Perú**

**2023**

**Fecha de Sustentación: 2023/07/24**



**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

---

**Estudio de confluencia de ríos mediante modelo físico en laboratorio de  
hidráulica de la Universidad de Piura.**

---

**Línea de investigación:** Ingeniería Civil

**Sub línea de investigación:** Hidráulica

**Autores:**

Guizado García, Antonio Juniors

Suyón Zapata, Andy Jonathan

**Jurado Evaluador:**

**Presidente:** Cabanillas Quiroz, Guillermo

**Secretario:** Vértiz Malabrigo, Manuel

**Vocal :** Salazar Perales, Álvaro

**Asesor:**

García Rivera, Juan Pablo

**Código ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-3498-7934>

**Piura – Perú**

**2023**

**Fecha de Sustentación: 2023/07/24**

# Estudio de confluencia de ríos mediante modelo físico en laboratorio de hidráulica de la Universidad de Piura

*por* Guizado García, Antonio Juniors / Suyón Zapata, Andy Jonathan



JUAN PABLO GARCÍA RIVERA  
CIP 68614  
INGENIERO CIVIL

---

**Fecha de entrega:** 18-jul-2023 09:48p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2133373527

**Nombre del archivo:** TESIS\_V2.docx (26.5M)

**Total de palabras:** 11292

**Total de caracteres:** 60586

# Estudio de confluencia de ríos mediante modelo físico en laboratorio de hidráulica de la Universidad de Piura

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>1</b> %	<b>0</b> %	<b>1</b> %	<b>0</b> %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>AVILA SALDAÑA ENRIQUE SEGUNDO. "ITS de Modificación de Componente: Variante de la Línea de Transmisión en 138 kV San Gabán II - Azángaro-IGA0009619", R.D. N° 177-2014-MEM-DGAAE, 2020</b>	<b>1</b> %
	Publicación	

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

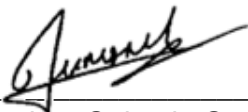
  
JUAN PABLO GARCÍA RIVERA  
CIP 68614  
INGENIERO CIVIL

## Declaración de originalidad

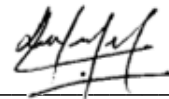
Yo, Juan Pablo García Rivera, docente del Programa de Estudio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada “Estudio de confluencia de ríos mediante modelo físico en laboratorio de hidráulica de la Universidad de Piura”, autores Antonio Juniors Guizado García y Andy Jonathan Suyón Zapata, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 1%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el (18 de Julio de 2023).
- He revisado con detalle dicho reporte y la tesis, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.


Trujillo, 19 de julio del 2023



Antonio Juniors Guizado García  
DNI: 73276040



Andy Jonathan Suyón Zapata  
DNI: 74735386



García Rivera, Juan Pablo  
DNI: 18216844

**Código Orcid:** <https://orcid.org/0000-0003-3498-7934>

## Dedicatoria

A Dios por guiarme y cuidarme  
en cada momento.

A mis padres y seres queridos por el  
apoyo constante en cada etapa de mi vida.

A mis abuelos que desde el cielo me cuidan.

Br. Antonio Juniors Guizado Garcia

Con todo mi aprecio  
dedico esta tesis a mi familia  
por el constante apoyo brindado  
en cada etapa de mi vida.

Br. Andy Jonathan Suyón Zapata.

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por ser mi soporte espiritual y darme fuerzas para salir adelante en mi vida. También agradezco a mis padres por apoyarme en cada paso de mi formación profesional y brindarme su sabiduría para tomar las mejores decisiones. Además, agradezco a mi enamorada por el apoyo emocional y motivarme cuando más lo necesitaba. Así mismo agradezco a mis compañeros de clases, docentes y amigos que estuvieron apoyándome a lo largo de mi etapa universitaria. Y un agradecimiento especial a nuestro asesor y mentor el Ingeniero Juan Pablo Garcia Rivera por el acompañamiento en todo el proceso de la investigación, con su conocimiento y sabiduría enriqueciendo a la misma.

Br. Antonio Juniors Guizado Garcia

Agradezco a Dios, a mi madre, abuela, hermana, tías y primas, por ser esa inspiración y fortaleza que día a día me impulsa a continuar creciendo. Así mismo agradezco a muchas personas que coadyuvaron directa e indirectamente a mi formación y progreso personal, académico y profesional: amigos/as, docentes, compañeros/as; también a esas personas que hoy ya no están, pero, con seguridad, estarían orgullosos de seguir acompañando mis pasos. Agradezco infinitamente al Ing. Juan Pablo García Rivera, nuestro asesor, por su disposición, apoyo y aportes compartidos, por ser nuestro guía en este largo y provechoso proceso de investigación. Al Dr.-Ing. Juan Pedro Martín Vide y al Dr.-Ing. Carles Ferrer Boix por sus valiosos y enriquecedores aportes en la oportunidad de permitirme participar y colaborar con la investigación experimental en el marco de la tesis doctoral de nuestro asesor.

Br. Andy Jonathan Suyón Zapata.



## Resumen

El presente trabajo de investigación llamado “Estudio de confluencia de ríos mediante modelo físico en laboratorio de hidráulica de la Universidad de Piura” tiene como objetivo el estudio de la confluencia de ríos para comprender el comportamiento de los caudales ensayados y la importancia de estos modelos en proyectos similares. La metodología empleada en esta investigación fue de un estudio con enfoque cuantitativo, tipo aplicado, nivel descriptivo y con un diseño no experimental longitudinal. En cuanto a la población se consideró los modelos físicos de ríos y como muestra se eligió al modelo físico de confluencia de ríos presente en el laboratorio de hidráulica de la Universidad de Piura dado que este representa nuestro interés por trabajar con caudales presentes en una confluencia y con diferentes combinaciones de aporte de flujo para los ríos involucrados. En cuanto a los resultados obtenidos en esta investigación, se puede mencionar que los caudales observados en los ensayos se asemejan a los datos de caudales calculados teóricamente, y esto, a su vez, es resultado del eficiente diseño y construcción del modelo físico. Asimismo, se llega a la conclusión que, sí es posible representar eficientemente un modelo físico hidráulico con las estrategias planteadas que nos permita trabajar con caudales fielmente semejantes a la realidad, ya que se observó que esta confluencia presenta un flujo de carácter turbulento y comportamiento bidimensional tanto en el modelo como en el prototipo.

**Palabras clave:** Modelo físico hidráulico, Confluencia de ríos, Caudales, Laboratorio de hidráulica, Prototipo.

## **Abstract**

The present research called "Study of river confluence through a physical model in the hydraulics laboratory of the University of Piura" has as its objective the study of the confluence of rivers to understand the behaviour of the tested flows and the importance of these models in similar projects. The methodology used in this research was a study with a quantitative approach, applied type, descriptive level, and a longitudinal non-experimental design. Regarding the population, the physical models of rivers were considered and the physical model of river confluence present in the hydraulics laboratory of the University of Piura was chosen as a sample since this represents our interest in working with flows present at a confluence and with different combinations of flow contribution for the rivers involved. Regarding the results obtained in this research, it can be mentioned that the flows observed in the tests are similar to the theoretically calculated flow data and at the same time it is the result of the efficient design and construction of the physical model. Likewise, it is concluded that it is possible to efficiently represent a physical hydraulic model with the proposed strategies that allow us to work with flows faithfully similar to reality since it was observed that this confluence presents a turbulent flow and two-dimensional behaviour both in the model and in the prototype.

**Keywords:** Hydraulic physical model, River confluence, Flows, Hydraulics Laboratory, Prototype.

## Presentación

Distinguidos señores miembros del jurado:

En cumplimiento y de conformidad con los requerimientos establecidos en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego, así como también los estipulados en la Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil. Presentamos ante ustedes, con la finalidad de obtener el título profesional de Ingeniero Civil, la tesis titulada: **“ESTUDIO DE CONFLUENCIA DE RÍOS MEDIANTE MODELO FÍSICO EN LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA UNIVERSIDAD DE PIURA”**.

La presente investigación se ha desarrollado con la finalidad de brindar un aporte cuantitativo, a la comunidad científica, con respecto al comportamiento de los caudales en una confluencia de ríos y el debido análisis de estos, de tal manera que el alcance de la información propuesta pueda servir de guía para proyectos futuros.

Se contó en todo momento con el valioso aporte y la experiencia de nuestro asesor, así mismo con el provecho de toda la bibliografía a nuestro alcance.

Los autores.

## Índice de contenido

<b>Dedicatoria</b> .....	vii
<b>Agradecimiento</b> .....	viii
<b>Resumen</b> .....	ix
<b>Abstract</b> .....	x
<b>Presentación</b> .....	xi
<b>Índice de contenido</b> .....	xii
<b>Índice de Tablas</b> .....	xiv
<b>Índice de Figuras</b> .....	xvi
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1 Realidad Problemática .....	1
1.1.1. Problema de investigación.....	1
1.2. Objetivos .....	2
1.2.1. Objetivo General.....	2
1.2.2. Objetivos Específicos .....	2
1.3. Justificación.....	2
<b>II. MARCO DE REFERENCIA</b> .....	3
2.1. Antecedentes del estudio.....	3
2.2. Marco Teórico.....	4
2.2.1. Modelo Físico .....	4
2.2.2. Medición de caudal.....	5
2.3. Marco conceptual .....	7
2.3.1. Modelo físico .....	7
2.3.2. Confluencia .....	8
2.3.3. Fenómenos hidrodinámicos.....	8
2.3.4. Escala.....	8
2.3.5. Caudal.....	8
2.3.6. Vertedero.....	8
2.3.7. Limnómetro .....	8
2.3.8. Correntómetro o Molinete .....	9
2.3.9. Contador digital .....	9
2.4. Sistema de Hipótesis .....	9
2.4.1. Hipótesis general.....	9
2.4.2. Variables e indicadores .....	9
<b>III. METODOLOGÍA EMPLEADA</b> .....	10
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	10

3.1.1.	<i>Tipo de investigación: Aplicada</i> .....	10
3.1.2.	<i>Nivel de investigación: Descriptiva</i> .....	10
3.2.	<i>Población y muestra de estudio</i> .....	10
3.2.1.	<i>Población</i> .....	10
3.2.2.	<i>Muestra</i> .....	10
3.3.	<i>Diseño de investigación</i> .....	10
3.4.	<i>Técnicas e instrumentos de investigación</i> .....	10
3.5.	<i>Procesamiento y Análisis de datos</i> .....	11
3.5.1.	<i>Revisión de información del prototipo</i> .....	12
3.5.2.	<i>Cálculo de la escala</i> .....	16
3.5.3.	<i>Medición de velocidad con un correntómetro</i> .....	16
	<b>IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	21
4.1.	<i>Análisis e Interpretación de Resultados</i> .....	21
4.1.1.	<i>Planos del modelo</i> .....	21
a)	<i>Arquitectura 3D del Modelo Hidráulico</i> .....	21
b)	<i>Plano topográfico de secciones de construcción</i> .....	23
c)	<i>Modelo Construido</i> .....	25
d)	<i>Caudales Obtenidos</i> .....	27
	<b>V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	33
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	35
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	37
	<b>ANEXOS</b> .....	39

## Índice de Tablas

Tabla 1. Resumen de caudales para vertedero 1 correspondiente al río Allipén. ...	29
Tabla 2. Resumen de caudales para vertedero 2 correspondiente al río Toltén. ...	30
Tabla 3. Cálculo de caudales para vertedero 1 que representa el río Allipén. ....	31
Tabla 4. Cálculo de caudales para vertedero 2 que representa el río Toltén. ....	32
Tabla 5. Cálculo de escala para modelo hidráulico. ....	42
Tabla 6. Cálculo del caudal igual a 35 m <sup>3</sup> /s para vertedero 1 que representa el río Allipén. ....	42
Tabla 7. Cálculo del caudal igual a 27 m <sup>3</sup> /s para vertedero 1 que representa el río Allipén. ....	43
Tabla 8. Cálculo del caudal igual a 26 m <sup>3</sup> /s para vertedero 1 que representa el río Allipén. ....	44
Tabla 9. Cálculo del caudal igual a 25 m <sup>3</sup> /s para vertedero 1 que representa el río Allipén. ....	45
Tabla 10. Cálculo del caudal igual a 28 m <sup>3</sup> /s para vertedero 1 que representa el río Allipén. ....	46
Tabla 11. Cálculo del caudal igual a 8 m <sup>3</sup> /s para vertedero 1 que representa el río Allipén. ....	47
Tabla 12. Cálculo del caudal igual a 7 m <sup>3</sup> /s para vertedero 1 que representa el río Allipén. ....	48
Tabla 13. Cálculo del caudal igual a 50 m <sup>3</sup> /s para vertedero 1 que representa el río Allipén. ....	49
Tabla 14. Cálculo del caudal igual a 95 m <sup>3</sup> /s para vertedero 1 que representa el río Allipén. ....	50
Tabla 15. Cálculo del caudal igual a 104 m <sup>3</sup> /s para vertedero 1 que representa el río Allipén. ....	51
Tabla 16. Cálculo del caudal igual a 53 m <sup>3</sup> /s para vertedero 1 que representa el río Allipén. ....	52
Tabla 17. Cálculo del caudal igual a 63 m <sup>3</sup> /s para vertedero 1 que representa el río Allipén. ....	53
Tabla 18. Cálculo del caudal igual a 23 m <sup>3</sup> /s para vertedero 1 que representa el río Allipén. ....	54
Tabla 19. Cálculo del caudal igual a 22 m <sup>3</sup> /s para vertedero 1 que representa el río Allipén. ....	55
Tabla 20. Cálculo del caudal igual a 22 m <sup>3</sup> /s para vertedero 1 que representa el río Allipén. ....	55
Tabla 21. Cálculo del caudal igual a 42 m <sup>3</sup> /s para vertedero 2 que representa el río Toltén. ....	57
Tabla 22. Cálculo del caudal igual a 36 m <sup>3</sup> /s para vertedero 2 que representa el río Toltén. ....	58

Tabla 23. Cálculo del caudal igual a 25 m <sup>3</sup> /s para vertedero 2 que representa el río Toltén.....	59
Tabla 24. Cálculo del caudal igual a 23 m <sup>3</sup> /s para vertedero 2 que representa el río Toltén.....	60
Tabla 25. Cálculo del caudal igual a 12 m <sup>3</sup> /s para vertedero 2 que representa el río Toltén.....	61
Tabla 26. Cálculo del caudal igual a 12 m <sup>3</sup> /s para vertedero 2 que representa el río Toltén.....	61
Tabla 27. Cálculo del caudal igual a 60 m <sup>3</sup> /s para vertedero 2 que representa el río Toltén.....	63
Tabla 28. Cálculo del caudal igual a 71 m <sup>3</sup> /s para vertedero 2 que representa el río Toltén.....	64
Tabla 29. Cálculo del caudal igual a 68 m <sup>3</sup> /s para vertedero 2 que representa el río Toltén.....	65
Tabla 30. Cálculo del caudal igual a 103 m <sup>3</sup> /s para vertedero 2 que representa el río Toltén.....	65
Tabla 31. Cálculo del caudal igual a 18 m <sup>3</sup> /s para vertedero 2 que representa el río Toltén.....	67
Tabla 32. Cálculo del caudal igual a 14 m <sup>3</sup> /s para vertedero 2 que representa el río Toltén.....	68
Tabla 33. Cálculo del caudal igual a 129 m <sup>3</sup> /s para vertedero 2 que representa el río Toltén.....	68
Tabla 34. Cálculo del caudal igual a 49 m <sup>3</sup> /s para vertedero 2 que representa el río Toltén.....	69
Tabla 35. Cálculo del caudal igual a 60 m <sup>3</sup> /s para vertedero 2 que representa el río Toltén.....	70

## Índice de Figuras

Figura 1. <i>Fotografía del limnómetro utilizado en el vertedero 2</i> .....	7
Figura 2. <i>Plano topográfico con curvas de nivel y delimitación de la zona para el estudio</i> .....	12
Figura 3. <i>Talweg de la zona a estudiar: confluencia y entradas de los ríos toltén y allipén</i> .....	13
Figura 4. <i>Curvas de nivel con dirección de flujos principal y tributario hacia la confluencia</i> .....	13
Figura 5. <i>Sección transversal de construcción</i> .....	14
Figura 6. <i>Gráfico de caudales recolectados durante el periodo de estudio</i> .....	15
Figura 7. <i>Medición de tirantes en puntos de cambio de pendiente de la sección de medición</i> .....	17
Figura 8. <i>Correntómetro con hélice 85018-1 en color amarillo</i> .....	18
Figura 9. <i>Fotografía del vertedero 1 en proceso de calibración</i> .....	19
Figura 10. <i>Distancia libre para colocar el limnómetro (l=&gt;5h)</i> .....	20
Figura 11. <i>Medición de caudales haciendo uso de correntómetro de hélice y contador digital</i> .....	21
Figura 12. <i>Plano de nuestro modelo físico hidráulico de confluencia de ríos en vista 3d</i> .....	22
Figura 13. <i>Vista 3d de modelo físico hidráulico de confluencia de ríos</i> .....	22
Figura 14. <i>Plano de secciones transversales para construcción de modelo físico</i> .....	24
fuente: (elaboración propia).....	24
Figura 15. <i>Construcción de modelo físico en el área de modelos hidráulicos del laboratorio de hidráulica de la universidad de piura</i> .....	26
Figura 16. <i>Modelo físico hidráulico de confluencia de ríos construido en el campus principal de la universidad de piura, 2022</i> .....	26
Figura 17. <i>Vista superior del modelo construido durante ensayos de medición de caudales</i> .....	27
Figura 18. <i>Gráfico de caudales correspondientes a vertedero 1 – río allipén</i> .....	29
Figura 19. <i>Gráfico de caudales correspondientes a vertedero 2 – río toltén</i> .....	30
Figura 20. <i>Certificado de calibración de correntómetro</i> .....	39
Figura 21. <i>Tabla de velocidades para hélice “1” resultantes de la calibración del correntómetro</i> .....	40
Figura 22. <i>Área correspondiente a los modelos físicos del laboratorio de hidráulica de la universidad de piura</i> .....	72
Figura 23. <i>Medición del área total destinada para nuestro modelo físico</i> .....	73
Figura 24. <i>Levantamiento topográfico de los elementos existentes en el área a trabajar</i> .....	74
Figura 25. <i>Levantamiento del muro de albañilería de la poza de quietamiento del río allipén</i> .....	75
Figura 26. <i>Demolición de los muros existente para levantar los muros de albañilería de la poza de quietamiento del río toltén</i> .....	75
Figura 27. <i>Cuarto de bombas del laboratorio de hidráulica de la universidad de piura (vista externa)</i> .....	76
Figura 28. <i>Cuarto de bombas del laboratorio de hidráulica de la universidad de piura (vista interna)</i> .....	77
Figura 29. <i>Construcción de muros perimetrales de nuestro modelo físico en el laboratorio de hidráulica de la udep</i> .....	78



Figura 30. <i>Relleno con material de la zona para área de confluencia de los ríos en nuestro modelo físico.</i> .....	78
Figura 31. <i>Levantamiento topográfico de puntos críticos de la confluencia de ríos en el modelo físico.</i> .....	79
Figura 32. <i>Tarrajeo e impermeabilización del reservorio del río toltén.</i> .....	79
Figura 33. <i>Tarrajeo e impermeabilización del reservorio del río allipén.</i> .....	80
Figura 34. <i>Levantamiento de puntos topográficos para la construcción de las secciones transversales en el modelo físico.</i> .....	80
Figura 35. <i>Construcción de secciones transversales del modelo físico en el modelo hidráulico.</i> .....	81
Figura 36. <i>Construcción de secciones transversales del modelo físico en el modelo hidráulico.</i> .....	81
Figura 37. <i>Levantamiento de puntos topográficos para la construcción de las secciones transversales en el modelo físico.</i> .....	82
Figura 38. <i>Construcción de secciones transversales en el modelo físico.</i> .....	83
Figura 39. <i>Instalación de vitroven en la salida del reservorio del río allipén.</i> .....	83
Figura 40. <i>Instalación de vitroven en la salida del reservorio del río toltén.</i> .....	84
Figura 41. <i>Nivelación de puntos para la medición del tirante en los diferentes cambios de pendiente.</i> .....	85
Figura 42. <i>Calibración del limnómetro en el reservorio del río allipén.</i> .....	86
Figura 43. <i>Calibración del limnómetro en el reservorio del río allipén.</i> .....	87
Figura 44. <i>Proceso de conteo de las revoluciones con el correntómetro de hélice 85018-1.</i> .....	88
Figura 45. <i>Proceso de conteo de las revoluciones del molinete con el contador digital.</i> .....	89
Figura 46. <i>Medición de las revoluciones con el correntómetro de hélice 85018-1 y contador digital en una sección de confluencia en el modelo físico.</i> .....	90
Figura 47. <i>Confluencia de los ríos allipén y toltén a un caudal determinado en el modelo físico.</i> .....	91
Figura 48. <i>Prueba hidráulica del modelo físico sin condición de borde.</i> .....	92

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Realidad Problemática

A lo largo de los años la orientación empírica ha ido variando en múltiples disciplinas, esto debido al progreso paulatino de técnicas y teorías desarrolladas en las ciencias de la ingeniería en diversas investigaciones y en diferentes especialidades de la misma. Es así que los ensayos de laboratorio en modelos físicos hidráulicos a escala no se encuentran exentos de estos avances en la ingeniería y por consiguiente se ha hecho más frecuente el uso de estos en distintos proyectos, sin embargo, es escasa la bibliografía disponible sobre un tema tan trascendental e interesante como lo son los caudales en las confluencias de ríos de fondo discordante.

El desarrollo de esta investigación nace precisamente a partir de esa incertidumbre que existe en el campo de la hidráulica sobre la medición de caudales en los modelos físicos. Así que, indagando, podemos observar que las obras hidráulicas, generalmente las más complejas, necesitan modelamiento físico y el uso de herramientas para la medición apropiada de sus caudales, ya que al poder acceder a este tipo de investigaciones se logra el estudio de fenómenos que no sería posible representar en modelos numéricos y ecuaciones matemáticas, de tal modo que puedan encontrarse soluciones técnicas y monetarias que de otra manera no podrían ser anticipadas y estudiadas como sí lo permite la representación de la realidad en los modelos físicos hidráulicos. Este modelo en cuestión se llevará a cabo mediante ciertos principios de semejanza hidráulica para su respectiva geometría, velocidad y caudal, a través de las condiciones de “Reynolds” y “Froude”. Por otro lado, nuestro modelo en estudio, de carácter hidráulico, será capaz de medir variables sustanciales que favorezcan la comprensión de lo que acontece en la confluencia y, la información recolectada, podrá servir para el amplio estudio de investigaciones posteriores, para ello convendrá representar adecuadamente la topografía y los caudales líquidos transportados por ambos ríos, haciendo posible el estudio de diferentes escenarios para su correcta interpretación.

### 1.1.1. *Problema de investigación*

¿De qué manera el estudio de confluencia de ríos mediante modelo físico en laboratorio de hidráulica de la Universidad de Piura permitirá analizar y comprender el comportamiento de los caudales en la confluencia?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

Estudiar la confluencia de ríos mediante modelo físico en laboratorio de hidráulica de la Universidad de Piura para la calibración de caudales en estudios posteriores y afines.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Determinar la escala geométrica, de velocidad y caudal del modelo hidráulico.
- Dibujar los planos de construcción del modelo físico.
- Construir el modelo físico a la escala de diseño.
- Medir los caudales mediante correntómetro de laboratorio.
- Calibrar los vertederos comparando datos teóricos con caudales observados.

## **1.3. Justificación**

El presente proyecto de investigación se ejecuta con el propósito de generar conocimiento sobre el estudio de caudales en modelos físicos hidráulicos. El empleo de modelos hidráulicos ayuda a entender diferentes fenómenos que ocurren en los ríos, lo cual sirve de mucha ayuda al momento de implementar, mayormente, proyectos grandes o de gran impacto, debido a la observación previa del comportamiento hidráulico presente en estos escenarios; además, el costo-beneficio resulta ser mayor en comparación a tener que enfrentar el escenario de mitigar posibles desastres naturales cuando las obras hidráulicas se implementan solamente en base a cálculos teóricos.

En general, la construcción e implementación de modelos físicos en confluencias no ha sido ampliamente estudiada, es por eso que nuestra investigación, basada en la medición de caudales en la confluencia de ríos será de gran valor científico y experimental para la comunidad académica y profesional de ingeniería civil en el Perú y el mundo. El uso de este modelo puede ser aprovechado para diferentes investigaciones, es decir, no se limitan a un solo estudio en específico. Y, concretamente hablando, el hecho de poder estudiar los caudales en este tipo de confluencias ayudará a comprender de una mejor manera el comportamiento hidráulico del flujo en la mencionada zona donde los cauces de los dos ríos ya se han juntado.

## II. MARCO DE REFERENCIA

### 2.1. Antecedentes del estudio

**Tesis Internacional:** *“Análisis de Caudales en la Confluencia del Río Teusaca al Río Bogotá”*.

**Autor:** Muñoz Mahecha, Sheyda Stefania.

**Año:** 2016.

**Universidad:** Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá – Colombia – Pregrado.

**Aporte:** Nos ilustra que mundialmente es posible observar una notoria modificación en los cuerpos hídricos respecto a sus condiciones originarias influenciado de manera mayoritaria por las operaciones humanas, lo cual puede verse reflejado en: la contaminación derivada de las personas, actividades industriales, mineras, etc., y solo se ha tratado de aminorar esto, sin embargo, jamás se ha hecho un estudio exhaustivo de los resultados que sufren los cuerpos hídricos como resultado de estas actividades. La disminución o aumento de niveles en parte de los caudales es también un factor primordial de lo que se posee insuficiente información, es decir del porqué han acontecido dichas alteraciones en estas formas hídricas.

**Tesis Nacional:** *“Estudio en modelo físico reducido. aplicación: presa derivadora Los Ejidos”*.

**Autor:** Luque Romero, Patricia Ysabel.

**Año:** 2004.

**Universidad:** Universidad Nacional de ingeniería, Lima – Pregrado.

**Aporte:** Luque nos ilustra que en su investigación de tesis se comprende como casi siempre una descripción matemática detallada de los sucesos hidráulicos es muy complicada de comprender o interpretar, por lo cual se hace fundamental realizar experimentos científicos mediante ejemplos o modelos hidráulicos a escala reducida. Esto básicamente es ensayar en un sistema de magnitudes reducidas conocido como ‘modelo’ relacionado a similitud con otro sistema de la realidad en verdadera dimensión, denominado ‘prototipo’. Actualmente casi todas las obras hidráulicas siguen requiriendo ser estudiadas previamente en modelos físicos

reducidos que concedan al diseñador ensayar su funcionamiento, descubrir posibles inconvenientes futuros y realizar los cambios precisos en la etapa de diseño, es decir, previo al inicio de ejecución de las obras; asimismo, durante la construcción e inclusive en la etapa operativa se podrían exigir innovaciones al diseño inicial, datos extras para diversas condiciones hidráulicas, y todo eso puede estudiarse en un modelo físico hidráulico.

**Tesis Local:** *“Investigación hidráulica y sedimentológica en modelo físico del vertedero de servicio de la presa Sabana Yegua”*.

**Autor:** Guerrero Asmad, Leo Raymundo.

**Año:** 2014.

**Universidad:** Universidad de Piura – Pregrado.

**Aporte:** Nos menciona que los modelos físicos hidráulicos representan la realidad y son usados para hallar soluciones técnicas y económicas en complicaciones de ingeniería hidráulica. Pero, quizás existan desigualdades significativas entre los parámetros del modelo y el prototipo, debido a diversas fuentes de error como la etapa constructiva y operativa del modelo en la que se origina la inexacta caracterización de los detalles del prototipo como: geometría, caudal, o las propiedades del fluido. Así mismo otra fuente de error son los “efectos de escala”: este factor surge de la incapacidad de mantener la correlación entre las fuerzas presentes en el prototipo y el modelo de ensayo. Además, todos los “efectos en la toma de datos” se deben a que las técnicas utilizadas en el muestreo de datos en el modelo y en el prototipo son diferentes.

## **2.2. Marco Teórico**

### **2.2.1. Modelo Físico**

A menudo los diferentes profesionales deben dar soluciones viables a variados problemas que se presentan en sus campos laborales. En el caso de los ingenieros debemos decidir técnicas, métodos o enfoques convenientes para casos ingenieriles particulares. Ciertas veces las soluciones consiguen ser sencillas cuando está bien definida la parte técnica y la parte económica. Otras veces, las complicaciones son más complejas, como lograr determinar la forma en que actúan las velocidades y los caudales en confluencias de fondo discordante. En este caso para estudiar dicha incertidumbre se toma como medio de solución el proceso de

modelación física. La modelación física involucra representar un fenómeno existente, de tal manera que se pueda conceptualizar y simplificar.

Un modelo físico hidráulico es un prototipo reducido que nos permite medir ciertos fenómenos que no pueden representarse en la modelación numérica. En un modelo de vertientes naturales, por lo general, la forma de calibración radica mediante un procedimiento repetitivo en el cual se varía la rugosidad del cauce hasta lograr que las curvas de tirante-caudal del modelo y del prototipo sean equivalentes en sus secciones de medición correspondientes.

Por lo explicado en los párrafos precedentes, la elaboración del prototipo reducido de la presente tesis está bien justificada, pues se presenta una gran incertidumbre sobre la circulación de caudales de carácter sólido y líquido, y diversos fenómenos hidrodinámicos en una confluencia. El modelo a escala reducida, propuesto para nuestra investigación, permite la medición de caudales, para lo cual se hace necesario calibrar el modelo antes de iniciar la medición de datos, lo que nos hace ajustar las condiciones hidráulicas y físicas, como rugosidad y niveles de agua con las del modelo real. Todo este proceso nos dará provechosa información, que de realizarse en modelo numérico no sería capaz de brindar un análisis tan observable y palpable.

### **2.2.2. Medición de caudal**

#### **a) Método velocidad/superficie**

Este procedimiento obedece al cálculo de la velocidad promedio que proviene de la corriente y del área de la sección transversal de la superficie del modelo; es calculada a través de la siguiente fórmula:  $Q(m^3/s) = A(m^2) \times V(m/s)$ . La unidad de medida es  $m^3/s$ , pero cuando las corrientes son pequeñas se mide en litros por segundo (l/s).

Una forma casual de estimar la velocidad se resume en computar el tiempo que demora un objeto fluctuante en viajar cierta distancia determinada yendo corriente abajo.

Para determinar la velocidad con más exactitud se utiliza el molinete tipo hélice que gira sobre su eje horizontal. Las velocidades de giro del molinete son proporcionales a las velocidades de las corrientes, por ello se mide la cantidad de revoluciones para un tiempo establecido, esto se realiza con un contador digital o con golpes escuchados en auriculares que lleva puestos la persona quien lo

maniobra. Este molinete permite medir las velocidades en diferentes puntos a diversas profundidades y anchos de agua que transcurren en el modelo, para eso se elabora en Excel una hoja de cálculo donde se acopian todas las medidas y, con ayuda de ciertas fórmulas, se obtiene un caudal promedio para los diferentes puntos de medición.

#### **b) Estación de aforo**

Una estación de aforo es aquella sección donde se recopilan datos y se verifican, de acuerdo al tema en estudio, según las fórmulas y cálculos apropiados.

Se considera que una estación de aforo está respectivamente graduada cuando el agua que fluye en varias profundidades en el modelo, conocido como nivel de agua respecto a la profundidad del flujo de las diferentes corrientes, ha llegado hasta una determinada cresta del caudal. Estos controles se usan para bosquejar un gráfico de caudales en contraste con las profundidades de la corriente del agua al realizar comprobaciones de caudales por la técnica del molinete.

#### **c) Vertedero de medición**

Consiste en una pared transversal de sección delgada inserta ante una corriente o flujo, de tal manera que se consigue una caída de agua que logra pasar a través de una sección predeterminada.

Para el modelo de la presente tesis la sección del vertedero de medición es triangular; la cual se calibra y verifica con aforos volumétricos. La carga sobre los vertederos se mide con limnímetros de precisión de 0.1 mm. En nuestro modelo usamos un vertedero triangular que concede la obtención de medidas más precisas de las alturas de carga (H) correspondiente a caudales reducidos, esto en comparación al uso de vertederos rectangulares que aportan datos menos precisos que los vertederos triangulares. En este caso, el vertedero está construido de placas metálicas. En la práctica se utilizan singularmente los que tienen forma de triángulo rectángulo isósceles precisamente por su precisión.

#### **d) Limnímetros**

Para medir el nivel de agua durante los ensayos hidráulicos es necesario el uso de los limnímetros. El instrumento está calibrado y además se puede ajustar, de forma manual, una pequeña punta hasta que logre chocar con la superficie del agua, y así leer en vertical una escala respectivamente graduada.

Este instrumento se encuentra compuesto por una estructura de montaje que se asegura a una armazón, el cual, a su vez, se apoya sobre dos fierros de sección rectangular hueca que sirven como soporte transversal apoyado sobre las paredes de los reservorios. Dichos soportes estarán previamente nivelados. Además, el sistema de medición mediante limnímetros está compuesto de una varilla que controla la medida, la cual se ajusta o queda libre para deslizarse hacia abajo y hacia arriba por encima del espejo de agua según se ajuste o afloje una perilla de rosca que cumple dicha función de controlar el movimiento de la varilla; la medición se consigue con el uso de una escala auxiliar adherida en la estructura de montaje, (el famoso nonios) y una escala principal establecida en la varilla.

**Figura 1.**

*Fotografía del limnímetro utilizado en el vertedero 2.*



**2.3. Marco conceptual**

**2.3.1. Modelo físico**

Un modelo es la representación de un objeto real que en el plano abstracto se percibe para especificarlo y poder encontrar alternativas al problema trazado, en



otras palabras, que se logre satisfacer una necesidad. Los modelos de carácter físico para obras hidráulicas se identifican por ser entidades más asequibles y sencillas de manipular que un ejemplar hidráulico real. Estos nos manifiestan un comportamiento más preciso, de tal manera que los técnicos sean capaces de prevenir lo que pasará en el prototipo mediante distintos escenarios de particular interés a través de la observación del comportamiento hidráulico en el modelo.

### **2.3.2. Confluencia**

Este término al ser utilizado en hidrología se refiere al lugar donde se juntan dos o más corrientes de agua, es decir, donde las aguas de diferentes corrientes se juntan formando un cauce común.

### **2.3.3. Fenómenos hidrodinámicos**

Son aquellos comportamientos que se presentan en los fluidos líquidos en movimiento.

### **2.3.4. Escala**

Es aquella línea recta que se divide en porciones equivalentes que simbolizan metros, millas, etc., y sirve de proporción para trazar en un plano o mapa las medidas de: un terreno, edificación, etc., y para comprobar sobre el plano las dimensiones reales de lo proyectado.

### **2.3.5. Caudal**

Se refiere a una cuantía de flujo que transita por medio de una determinada sección en particular (tubería, canal, río, etc.) mediante una unidad de tiempo.

### **2.3.6. Vertedero**

Un vertedero es una estructura que presenta un tajo de perfil regular, por la cual mana una corriente en estado líquido en pase libre o controlado. Un vertedero colisiona la corriente de agua, produciendo una subida del nivel aguas arriba, y se utiliza para regular niveles o para medir caudales.

### **2.3.7. Limnómetro**

El limnómetro es una herramienta con la que se miden las alteraciones en el nivel de una superficie de agua, y su resultado se deriva a un mecanismo de medición de datos o registro, esto es muy útil en ríos, lagos, y en lo que refiere a la hidrología.

### 2.3.8. Correntómetro o Molinete

El correntómetro es un instrumento útil para medir la velocidad de corriente en ríos, modelos físicos en laboratorio, etc. Cada correntómetro debe tener un certificado de calibración en el que figura la fórmula necesaria para calcular la velocidad del agua sabiendo el número de vueltas o revoluciones de la hélice por segundo. Estos instrumentos se calibran en laboratorios de hidráulica. En el caso del correntómetro utilizado en nuestra investigación se compone de: una barra graduada al centímetro, el cuerpo aerodinámico, tuerca de sujeción a la barra y hélice.

### 2.3.9. Contador digital

Un contador digital es un dispositivo que nos permite ahorrar tiempo en las mediciones de flujo con molinetes. El contador logra calcular automáticamente el número de revoluciones de la hélice gracias a los impulsos del molinete, con el cual se conecta a través de unos cables con enchufe tipo banana generando la transmisión de dichos impulsos que representan las revoluciones del molinete al contador.

## 2.4. Sistema de Hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis general

El estudio de confluencia de ríos mediante modelo físico en laboratorio de hidráulica de la Universidad de Piura permitirá conocer las características del flujo y entender el comportamiento de los diferentes caudales de agua a ensayar.

### 2.4.2. Variables e indicadores

**Variable independiente:** Escala.

**Variable dependiente:** Medición de caudales.

Variables	Descripción Conceptual	Indicadores	Unidad de Medida	Instrumento de Investigación
Independiente Escala	Relación entre proporciones de una estructura y su tamaño real con respecto al dibujo.	Ancho, tirante, velocidad, topografía.	Adimensional	Wincha, Estación total, Nivel de ingeniero, Civil 3D.

<b>Dependiente</b> Medición de caudales	Proceso de medición de fluidos líquidos que consiste en determinar la cantidad de líquido o volumen que pasa por una sección en una cantidad de tiempo.	Sección transversal del vertedero.	m <sup>3</sup> /s. l/s.	Vertedero, limnómetro, correntómetro, Excel.
		Sección transversal de agua en diferentes ubicaciones del lecho de la confluencia.		

### III. METODOLOGÍA EMPLEADA

#### 3.1. Tipo y nivel de investigación

**3.1.1. Tipo de investigación:** Aplicada.

**3.1.2. Nivel de investigación:** Descriptiva

#### 3.2. Población y muestra de estudio

##### 3.2.1. Población

En nuestra investigación se consideró como población los modelos físicos de ríos.

##### 3.2.2. Muestra

Se eligió como muestra el modelo físico de confluencia de ríos presente en el laboratorio de hidráulica de la Universidad de Piura, el cual forma parte de una investigación internacional.

#### 3.3. Diseño de investigación

En nuestra investigación el diseño de contrastación de resultados se considera de tipo No-Experimental Longitudinal debido que a partir de la realidad existente en los ríos Toltén y Allipén de Chile, la cual ha sido plasmada en el modelo físico, podemos observar ciertos fenómenos y analizar las ocurrencias con caudales variables durante un tiempo de desarrollo aproximado de 6 meses.

#### 3.4. Técnicas e instrumentos de investigación

En esta investigación se usan diferentes métodos y técnicas de trabajo para cada etapa del proyecto, entre las consideradas de suma importancia para el desarrollo de nuestra investigación, podemos encontrar las siguientes:

- Método del criterio de semejanza (para escalar el modelo hidráulico): consistió en encontrar el valor adecuado de la escala para los factores de geometría, velocidad y rugosidad; lo cual sirvió para medir los caudales con el tirante y el número de Froude adecuados, y así realizar las mediciones con la exactitud anhelada.
- Método tradicional de albañilería: este método ha sido empleado en la construcción del modelo físico en el área de modelos hidráulicos proporcionada por la Universidad de Piura para plasmar el prototipo en cuestión, contando siempre con el constante chequeo de niveles y cotas con un nivel topográfico, de manera que lográsemos asegurar la exactitud de las dimensiones.
- Método de integración de caudales: este método nos permitió encontrar los diferentes valores de velocidades a partir del número de revoluciones medidas por el correntómetro, y a su vez dichas velocidades nos permitieron hallar los caudales correctos mediante el método mencionado en este punto, el cual consiste en la sumatoria de las áreas que forman los datos de caudales y distancias entre puntos transversales de la sección cuando son representados sobre la forma de la sección transversal en la que se realiza la medición.
- Compilación de bibliografía: mediante esta metodología de trabajo teórico se compiló toda información fundamental sobre modelos físicos, especialmente de confluencias, que son de ayuda para la investigación.
- Procesar la información en una hoja de Excel: con ayuda de esta técnica de procesamiento de datos programamos nuestras hojas de cálculo, de acuerdo a las necesidades, para encontrar los diferentes caudales considerados importantes para la investigación.
- Realizar el informe final: como último procedimiento, considerando los resultados obtenidos y conclusiones derivadas del trabajo realizado, procedimos a elaborar nuestro informe final de la investigación.

Y entre los instrumentos de importancia, usados en nuestra investigación, podemos considerar los siguientes:

- Vertederos.
- Limnímetros.
- Correntómetro o Molinete.
- Contador digital.

### **3.5. Procesamiento y Análisis de datos**

### **3.5.1. Revisión de información del prototipo**

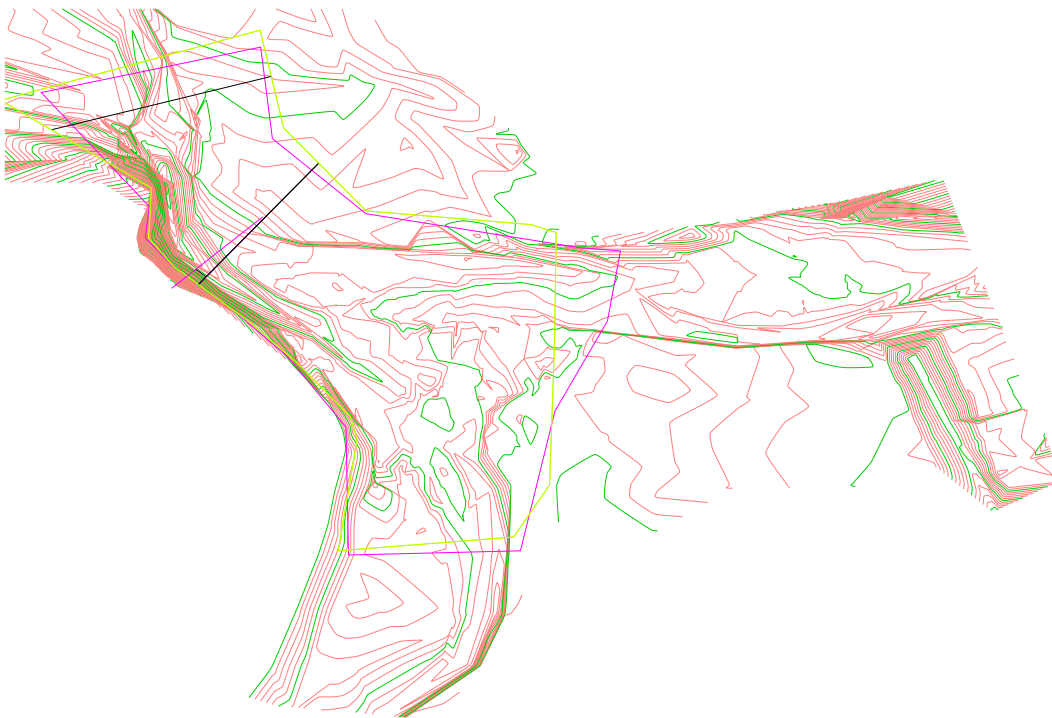
#### **a) Procesamiento de Topografía**

La finalidad del presente subcapítulo es interpretar la información del prototipo y, en este ítem en específico el levantamiento topográfico y batimetría correspondientes al prototipo de los ríos Allipén y Toltén de Chile, datos que fueron proporcionados por los investigadores de la Universidad Politécnica de Cataluña.

El primer paso fue la delimitación del área a estudiar, por lo cual usamos el software Civil 3D para identificar las zonas de mayor importancia en la confluencia de estos 2 ríos: la sección donde confluyen las aguas de ambas corrientes y las zonas que, aguas arriba y aguas abajo de la confluencia, influyen en el comportamiento del flujo.

#### **Figura 2.**

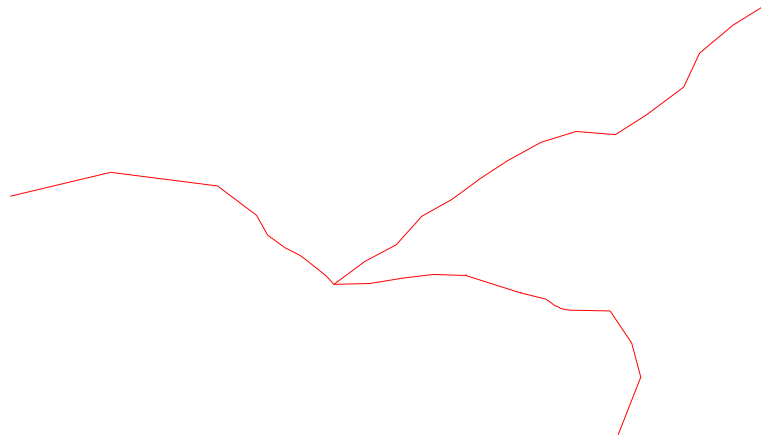
*Plano topográfico con curvas de nivel y delimitación de la zona para el estudio.*



Posteriormente se analizaron las pendientes mínimas y máximas del eje principal de los cauces, con la finalidad de tener una noción clara de cómo transcurren a través de la topografía, considerando el análisis del talweg independiente en cada río y en la zona de confluencia.

**Figura 3.**

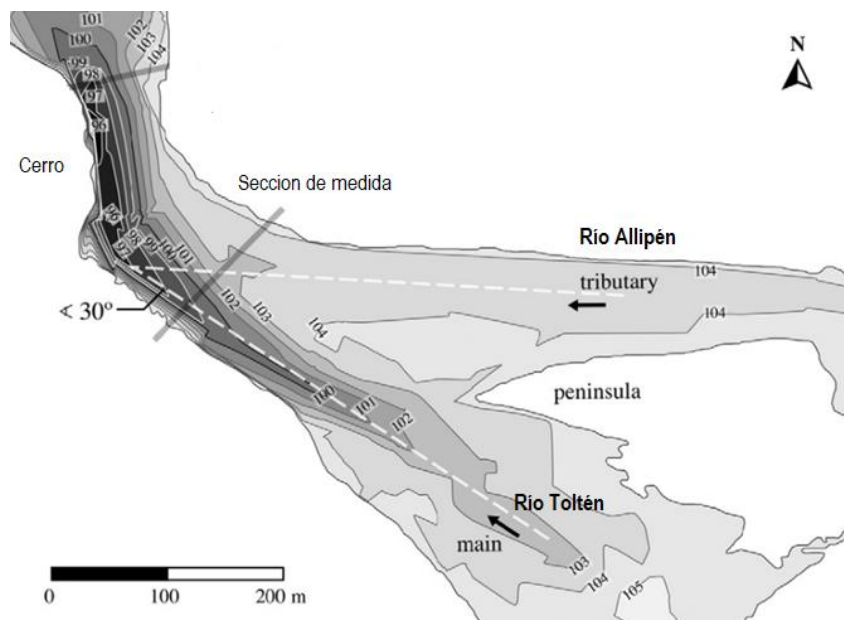
*Talweg de la zona a estudiar: confluencia y entradas de los ríos Toltén y Allipén.*



Además, se analizan las curvas de nivel y sus cotas correspondientes con la finalidad de tener conocimiento de las elevaciones que alcanza el relieve de los lechos de los ríos en las zonas: aguas arriba de la confluencia, en la confluencia misma y aguas abajo de esta.

**Figura 4.**

*Curvas de nivel con dirección de flujos principal y tributario hacia la confluencia.*

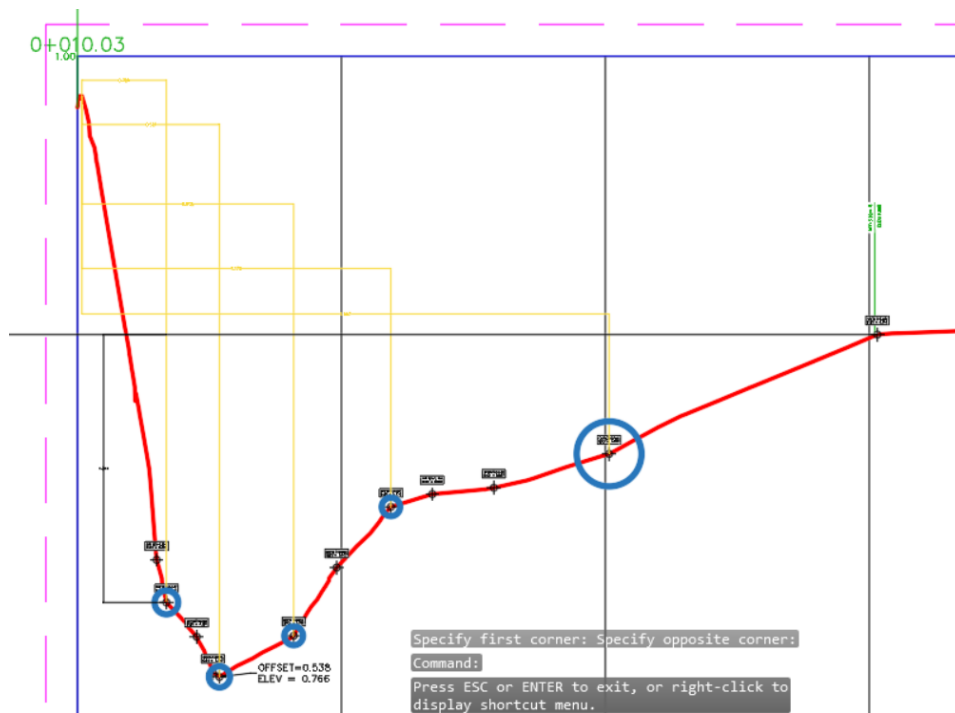


*Nota:* Tomado de “Bedload transport in a river confluence” (p.17), por J.P. Martín-Vide, A. Plana-Casado, A. Sambola, S. Capapé, 2015, *Geomorphology*, 250.

Con el mismo software mencionado anteriormente, Civil 3D, se interpretaron las secciones transversales de la batimetría con el objeto de observar hasta qué cotas se elevan los calados de los torrentes para diferentes caudales.

**Figura 5.**

*Sección transversal de construcción.*



*Nota:* esta imagen es una captura de un plano de elaboración propia en AutoCAD Civil 3D que corresponde a una sección transversal graficada para la etapa de construcción del modelo físico y en ella se señalan los puntos de cambio de pendiente que se designaron como estacas en el proceso constructivo para la representación del lecho.

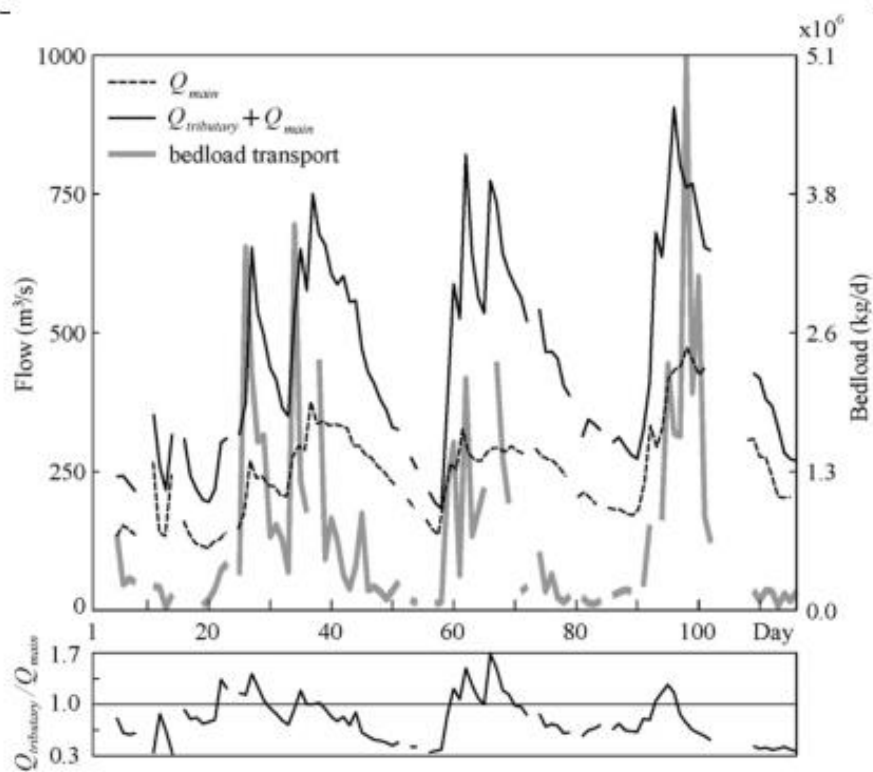
## **b) Procesamiento de Caudales**

Se analizó la data de caudales del prototipo para conocer y discernir cuáles de estos caudales se representarían en el modelo para el estudio de los mismos en la zona de confluencia. El procesamiento se desarrolló evaluando el gráfico de caudales recolectados durante el tiempo de medición en campo, el cual está publicado en un artículo de la revista “Geomorphology” del año 2015 con autoría del Dr. Juan Pedro Martín Vidé, junto a otros investigadores de la Universidad

Politécnica de Cataluña – Barcelona Tech, y de estos registros se eligieron diferentes combinaciones de aportes de afluente para cada río, para varios escenarios posibles, conservando el coeficiente de relación de descarga, desde aproximadamente los 200 m<sup>3</sup>/s hasta casi 1000 m<sup>3</sup>/s para prototipo, los cuales, escalados para el modelo físico hidráulico de nuestro interés son 7.84 l/s y 35.28 l/s respectivamente.

**Figura 6.**

*Gráfico de caudales recolectados durante el periodo de estudio.*



*Nota:* Gráfico superior: descarga total diaria (línea continua negra) calculada utilizando el método de pendiente-área, descarga total diaria de carga de fondo (línea gris) obtenida a través de mediciones de campo y descarga diaria del río principal, medida aguas arriba de la confluencia (línea negra discontinua). La abscisa abarca el período de estudio, desde el día 1 (16 de junio de 2013) hasta el día 117 (30 de septiembre de 2013). Gráfico inferior: tasa de descarga (afluente sobre el río principal) durante el período de estudio. *Tomado de "Bedload transport in a river confluence" (p.20), por J.P. Martín-Vide, A. Plana-Casado, A. Sambola, S. Capapé, 2015, Geomorphology, 250.*



### 3.5.2. Cálculo de la escala

La escala es el factor más importante para la construcción del modelo físico y determinar que caudal circulará por este, asimismo la velocidad del flujo debe ser escalada para conocer los rangos de velocidad que podrían generarse.

La forma correcta de escalar es conservando la semejanza hidráulica y que el régimen se mantenga en turbulento tal como sucede en el prototipo, es decir el modelo escalado debe representar todos los fenómenos que suceden en la realidad.

- a) La escala geométrica del modelo se determinó a partir del espacio que se tenía disponible en el área para construcción de modelos hidráulicos de la Universidad de Piura, resultando así en una escala de 57.9; esta escala es la más sencilla de calcular ya que solo obedece a dividir las medidas reales del prototipo entre la escala determinada.

$$L_{modelo} = \frac{L_{prototipo}}{Escala}$$

- b) La velocidad del modelo se estimó conociendo la velocidad del prototipo y la escala geométrica.

$$V_{modelo} = \frac{V_{prototipo}}{Escala^{1/2}}$$

- c) El caudal del modelo que represente los caudales del prototipo se determinó aplicando la semejanza de Froude para modelos sin distorsión, mediante la siguiente fórmula:

$$Q_{modelo} = \frac{Q_{prototipo}}{Escala^{5/3}}$$

### 3.5.3. Medición de velocidad con un correntómetro

Este procedimiento consistió en colocar un correntómetro sumergido en el agua a una profundidad determinada (0.2h, 0.4h, 0.8h), dependiendo de la estimación según el caudal ensayado, donde "h" representa el tirante de agua que transcurre en un momento exacto en el modelo. El instrumento se colocaba de manera perpendicular al flujo en una sección transversal específica, logrando que el flujo de agua haga girar la hélice ubicada en la punta del correntómetro y, con la ayuda de un contador digital conectado al instrumento se computen las revoluciones

en un tiempo de 40 segundos. Con estos datos, usando la tabla de calibración del correntómetro, se hallaba la velocidad unitaria para la sección establecida y para cada caudal ensayado con la fórmula  $V = 0.0553N + 0.0421$ ; donde N representa el número de revoluciones de la hélice; para luego calcular la velocidad promedio considerando el área como un trapecio que representa el valor del caudal pasante en cada zona de la sección. Y así mismo, con la multiplicación de la “velocidad media” por el “tirante” del punto, obtener el caudal unitario de cada área entre puntos de la sección.

**Figura 7.**

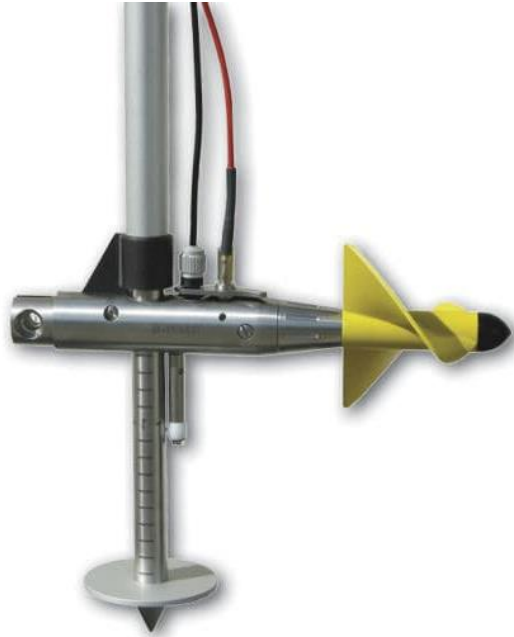
*Medición de tirantes en puntos de cambio de pendiente de la sección de medición.*



Para la toma de datos se utilizó la hélice 85018-1, la cual, según la tabla de calibración, era aquella que nos permitía, con más facilidad, captar revoluciones para caudales bajos, la cual se muestra a continuación en la Figura 8.

## Figura 8.

Correntómetro con hélice 85018-1 en color amarillo.



*Nota: Tomado de Direct Industry, by Virtual Expo Group*

*(<https://www.directindustry.es/prod/seba-hydrometrie-gmbh-co-kg/product-63216-640768.html>).*

### 3.5.4. Calibración de vertederos

Para la presente investigación se contó con 2 vertederos, ambos independientes para el flujo de cada río, de tal manera que lográsemos simular el ingreso de caudales de los dos ríos que confluyen, es decir, el río Allipén y Toltén, correspondiéndose a estos los vertederos 1 y 2 respectivamente, los cuales estaban hechos de planchas de fierro negro de 3 mm. de espesor.

La sección del vertedero 1 que corresponde a la entrada de flujo para el río Allipén tenía la forma geométrica de un triángulo rectángulo isósceles, por lo cual, el vértice inferior poseía un ángulo interior de  $90^\circ$  y una altura ( $h_1$ ) de 0.40 m. Mientras que la sección del vertedero 2 que corresponde a la entrada de flujo para el río Toltén tenía la forma geométrica de un triángulo equilátero, con lo cual, el vértice inferior poseía un ángulo interior de  $60^\circ$  y una altura ( $h_2$ ) de 0.50 m.

## Figura 9.

*Fotografía del vertedero 1 en proceso de calibración.*

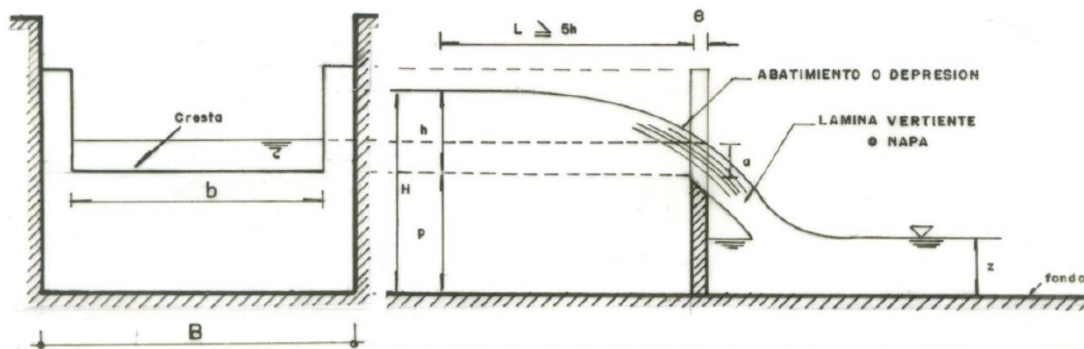


Decidimos trabajar con vertederos triangulares porque son más precisos que los rectangulares para medir caudales de valores bajos, permitiendo que, para un mismo caudal, los valores de  $h$  sean mayores.

Como verificadores de altura ( $H$ ), para la carga hidráulica, usamos limnómetros, con estos logramos controlar y verificar la altura de agua que pasaba a través de la sección triangular de cada vertedero, así pues, controlando la altura controlábamos el caudal ensayado. Los limnómetros se colocaron a una distancia libre desde la sección del vertedero, medido hacia atrás, en una proporción mayor a 5 veces el valor de  $H$ , ya que a esa distancia las aguas se encuentran establemente horizontales y la medida del limnómetro no se ve afectada por la cresta que se forma en la caída del agua cuando pasa a través de la pared delgada del vertedero, ni por el remanso que generan las contracciones laterales. Diferentes autores muestran valores equivalentes para  $L$  como  $2.5 H$ ,  $3 H$  o  $4H$ , para vertederos rectangulares. Nosotros decidimos elegir para nuestros vertederos triangulares la equivalencia de que  $L$  sea mayor o igual a 5 veces el valor de  $H$  a raíz de la observación del comportamiento del flujo al interior de los reservorios, ya que, a esa distancia equivalente, el agua se encontraba lo más horizontal posible para medir correctamente la carga hidráulica.

**Figura 10.**

*Distancia libre para colocar el limnómetro ( $L \geq 5h$ ).*



*Nota:* El gráfico representa la relación de  $L$  (longitud libre para ubicación ideal del medidor de niveles, limnómetro) con respecto a  $h$  (altura de agua que pasa por el vertedero o también llamado carga hidráulica). Adaptado de *Manual de Prácticas de Laboratorio de Hidráulica* (p. 6), por Ramiro Marbello Pérez, 2005, Universidad Nacional de Colombia.

Los caudales calculados para la calibración de los vertederos los hallamos con la expresión  $Q=Cd \cdot h^{5/2}$ , siendo  $Cd$  un factor adimensional conocido como coeficiente de descarga, el cual, de entre muchos factores, depende también del ángulo interior que posee el vértice inferior de la sección del vertedero y, que puede calcularse con fórmulas comúnmente empleadas, las cuales corresponden a diferentes autores, obtenidas a raíz de una correlación de ensayos previos en otros laboratorios.

Cumpliendo con la credibilidad de todos esos parámetros, se calibraron ambos vertederos ensayando diferentes caudales en el modelo hidráulico. Es decir, hicimos correr agua en diferentes proporciones de aporte de caudal para cada río.

**Figura 11.**

*Medición de caudales haciendo uso de correntómetro de hélice y contador digital.*



#### **IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

##### **4.1. Análisis e Interpretación de Resultados**

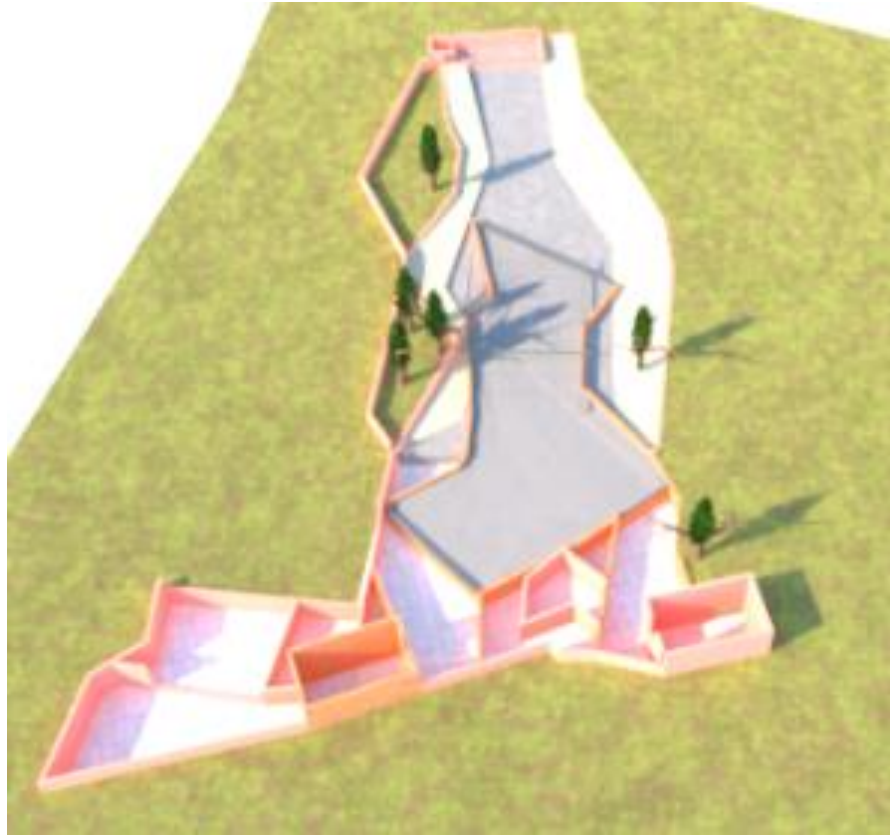
###### **4.1.1. Planos del modelo**

###### **a) Arquitectura 3D del Modelo Hidráulico**

Contando con la escala geométrica definida (1:57.9), se procede a dibujar los planos del modelo hidráulico en AutoCAD Civil 3D, es decir, a plasmar las medidas del prototipo en una escala reducida, de tal manera que el planteamiento espacial del modelo corresponda, en lo largo y ancho, a una figura que se adecua al espacio disponible en el área proporcionada para llevar a cabo el experimento. El dibujo se realizó considerando la presencia de árboles, modelos hidráulicos anteriormente ensayados en el lugar y, procurando en todo momento que la propuesta no incremente de manera significativa la economía disponible para la ejecución de la investigación.

**Figura 12.**

*Plano de nuestro modelo físico hidráulico de confluencia de ríos en vista 3D.*



**Figura 13.**

*Vista 3D de modelo físico hidráulico de confluencia de ríos.*



### ***b) Plano topográfico de secciones de construcción***

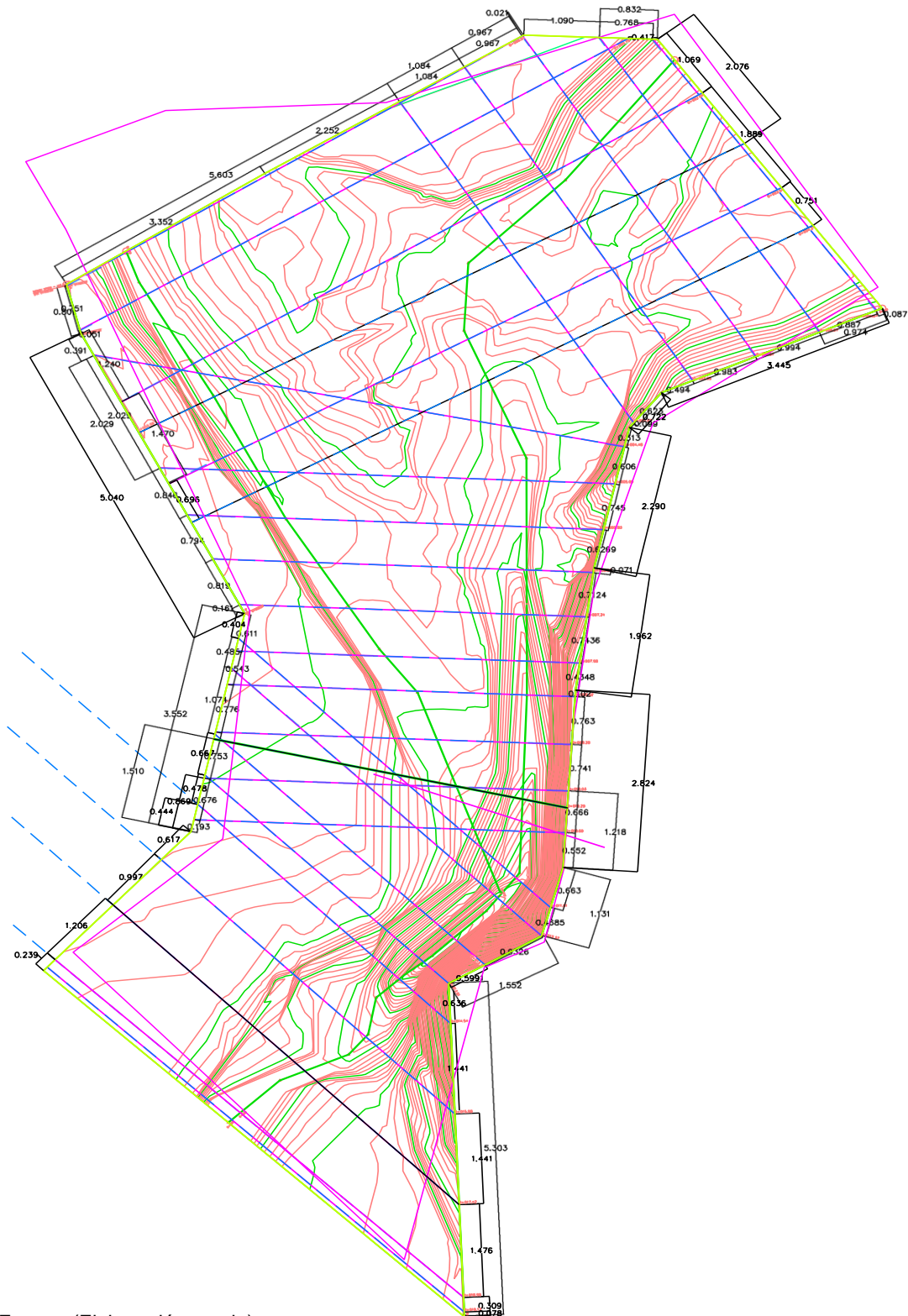
Como parte de las actividades de la presente tesis, uno de nuestros resultados progresivos fue la definición de las secciones de construcción del modelo físico hidráulico para que podamos plasmar el diseño del mismo en el área de modelos físicos que nos destinó el Instituto de Hidráulica de la Universidad de Piura para nuestro proyecto. Estas secciones de construcción se definieron haciendo uso del software Civil 3D. Se aplicó el comando de alineamiento a partir de una polilínea en dirección al flujo, aguas abajo, etiquetadas cada 10 m., desde la entrada de las pozas de disipación hasta el tramo final construido de la confluencia. De manera seguida se generaron las líneas de muestreo y finalmente se crearon las vistas de secciones de las diferentes progresivas del alineamiento a una escala adecuada, de modo que puedan ser apreciables sin llegar a deformar la morfología real de los ríos y la confluencia. De ese modo es que llegamos al resultado de obtener nuestro plano de secciones para la construcción del modelo.

En este subtítulo podemos apreciar el plano en planta con la distribución de secciones ya definidas, un trabajo que nos llevó a analizar estratégicamente las vistas más impactantes que nos permitieran plasmar fielmente la batimetría del prototipo en el modelo reducido sin alterar considerablemente las pendientes entre sección y sección y en diferentes direcciones.



**Figura 14.**

*Plano de secciones transversales para construcción de modelo físico.*



Fuente: (Elaboración propia)

*Nota: Plano de secciones de construcción extraído de AutoCAD.*

### **c) Modelo Construido**

El resultado de nuestros cálculos y diseño de planos se ve reflejado en la ejecución exitosa del modelo físico hidráulico que representa al prototipo de la confluencia de los ríos Toltén y Allipén.

La construcción se llevó a cabo con cautela, respetando los ángulos de quiebre entre los muros y las longitudes de los mismos. Esta labor fue realizada por diestros albañiles que, con cuidado, ejecutaron las diferentes partidas hasta la culminación de todas las obras civiles que incluyeron: demolición, corte – relleno y compactación, asentado de muros de ladrillo artesanal, vaciado de piso o losa con concreto y mortero (para simular el lecho), y tarrajeo de muros. Cada una de las actividades fue supervisada minuciosamente por los autores de la presente tesis de manos del asesor de la investigación en mención.

Así mismo se contó con la presencia de un topógrafo que pudiera llevar el control de las cotas de los diferentes tramos de muro y de las estacas que simulaban las alteraciones del terreno. Para el detalle de las cotas se consignó con anterioridad un orden en el eje X para las estacas de cada sección transversal, las cuales iban ubicadas principalmente en los puntos críticos del relieve, y se consignó también otro orden en el eje Y, para las secciones de construcción, de acuerdo a las progresivas trazadas en los ejes, tanto independientemente para cada río en sus tramos autónomos y también para el eje en que ambos ríos se juntan, es decir, las progresivas correspondientes a la confluencia.

Es así como logramos la correcta ejecución del modelo físico hidráulico según los parámetros establecidos en cuanto a alturas, distancias horizontales, forma y relieve.

**Figura 15.**

*Construcción de modelo físico en el área de modelos hidráulicos del laboratorio de hidráulica de la Universidad de Piura.*



**Figura 16.**

*Modelo físico hidráulico de confluencia de ríos construido en el Campus principal de la Universidad de Piura, 2022.*



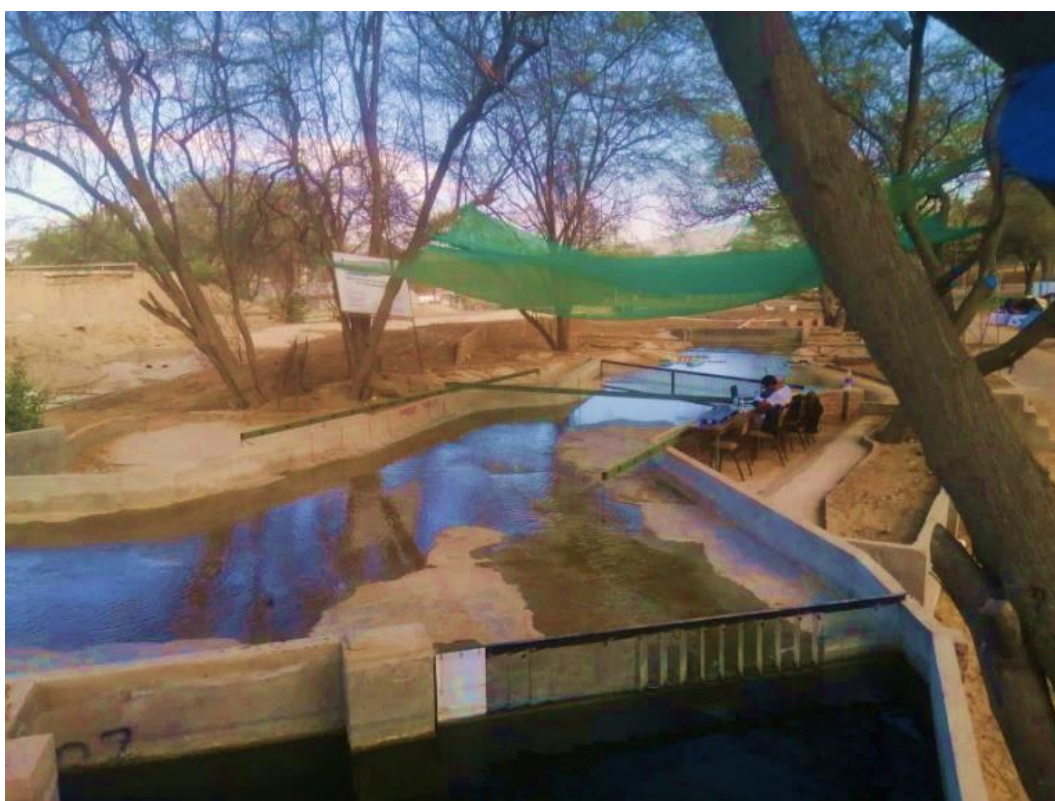
#### ***d) Caudales Obtenidos***

El agua circuló como era deseado, a través del modelo físico, luego de varias prácticas en las que logramos aprender a controlar la apertura de las válvulas y, por tanto, regular el paso del agua, de modo que consiguiéramos que las alturas estimadas en los vertederos nos representen los caudales que queríamos observar.

Tras la práctica conseguimos ensayar varios escenarios de caudales, para diferentes porcentajes de aporte y para caudales altos y bajos, siempre en base al factor de descarga correlacionado con los datos de los ensayos en los ríos prototipo.

#### **Figura 17.**

*Vista superior del modelo construido durante ensayos de medición de caudales.*



El modelo físico hidráulico trabajado en nuestra investigación además de contar con toda su infraestructura de albañilería propia de la zona del modelo, cuenta con el ingreso de tuberías que aportan el agua desde un tanque elevado con capacidad de aproximadamente 60 m<sup>3</sup> que a su vez es alimentado por una cisterna con capacidad de 85 m<sup>3</sup> aproximadamente. El agua es impulsada a través de tuberías de PVC de 12 pulgadas de diámetro desde la cisterna hacia el tanque elevado por una bomba de motor eléctrico Brown Boveri que trabajaba a más del

80% de su eficiencia con una potencia mayor a 35 hp y una intensidad que oscila entre los 65 a 70 amperios, gracias a un sistema de alimentación eléctrica trifásica. El agua llega por gravedad hacia los reservorios 1 y 2, controlando su paso con válvulas manuales de compuerta de asiento. Tras llegar el agua a los reservorios, el agua pasa a través de los vertederos y va cayendo hacia las pozas de disipación, de tal manera que, cuando el fluido deba entrar hacia la sección que ya corresponde a la representación de los ríos, ingrese sin alteraciones de flujo, conservando la dinámica de las partículas lo más parecido posible a la realidad.

Cabe señalar que, aguas abajo de la confluencia, el modelo cumplía con una condición de salida que permitía recircular el agua nuevamente hacia la cisterna. El sistema consistía en tuberías de PVC que dirigían el flujo hacia un canal de recirculación, el cual, contaba con una malla de acero, ubicada antes del reingreso de las aguas hacia la cisterna, para evitar el ingreso de basura y/o maleza hacia esta última porque de ser el caso, la válvula check de succión se vería atascada o taponeada, perjudicando la cantidad de agua capaz de ser absorbida por la bomba y terminase siendo este un factor contundente para no conservar el mismo nivel de agua en el modelo durante el tiempo que durasen los ensayo, o en el peor de los casos, si algún tipo de maleza, material u objeto pasase por la válvula check pudiese afectar la turbina; así es como trabajaba conjuntamente el sistema de bombeo y recirculación del agua en el modelo físico hidráulico de la confluencia.

Con el trabajo conjunto de todos estos factores conseguimos registrar toda una data de caudales que se pueden apreciar a continuación de manera resumida, pero que podrán ser observadas a mayor detalle en los anexos de esta investigación.

**Tabla 1.**

*Resumen de caudales para vertedero 1 correspondiente al río Allipén.*

**CALCULO DE CAUDAL POR VERTEDERO TRIANGULAR**

Río	<b>Allipén</b>	
Deposito	<b>1</b>	
Angulo alfa	<b>45</b>	
Angulo Theta	<b>90</b>	
Cd	<b>1.4</b>	Según Thomson

$$Q = Cd h^{\frac{5}{2}}$$

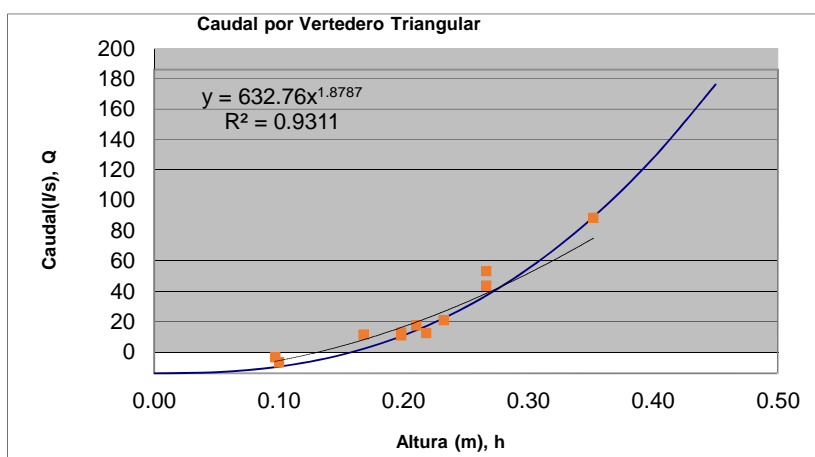
Datos teóricos			datos observados		
h	Q(m³/s)		h	Q(m³/s)	Q(m³/s)
0.00	0.00	Q1			
0.05	0.78	Q2	0.35	0.18	
0.10	4.43	Q3	0.35	0.10	102.32
0.15	12.20	Q4	0.27	0.06	57.73
0.20	25.04	Q5	0.27	0.07	67.22
0.25	43.75	Q6	0.23	0.04	35.05
0.30	69.01	Q7	0.22	0.03	26.50
0.35	101.46	Q8	0.21	0.03	31.43
0.40	141.67	Q9	0.20	0.03	26.74
0.45	190.18	Q10	0.20	0.02	24.80
		Q11	0.17	0.03	25.31
		Q12	0.17	0.03	25.33
		Q13	0.10	0.01	7.02
			0.10	0.01	10.44

Fuente: (Elaboración propia)

*Nota:* esta tabla muestra un compendio de datos correspondientes a los caudales teóricos calculados en Excel y los caudales ensayados en el modelo físico correspondientes al vertedero 1 que representa al río Allipén.

**Figura 18.**

*Gráfico de caudales correspondientes a vertedero 1 – río Allipén.*



Fuente: (Elaboración propia)

*Nota:* Este gráfico muestra la relación de caudales (Q), calculados y observados, con respecto a la altura (h) en el vertedero 1 que representa al río Allipén.

**Tabla 2.**

*Resumen de caudales para vertedero 2 correspondiente al río Toltén.*

**CALCULO DE CAUDAL POR VERTEDERO TRIANGULAR**

Río	<b>Tolten</b>	
Deposito	<b>2</b>	
Angulo alfa	<b>30</b>	
Angulo Theta	<b>60</b>	
Cd	<b>0.819</b>	Según Thomson

$$Q = Cdh^{\frac{5}{2}}$$

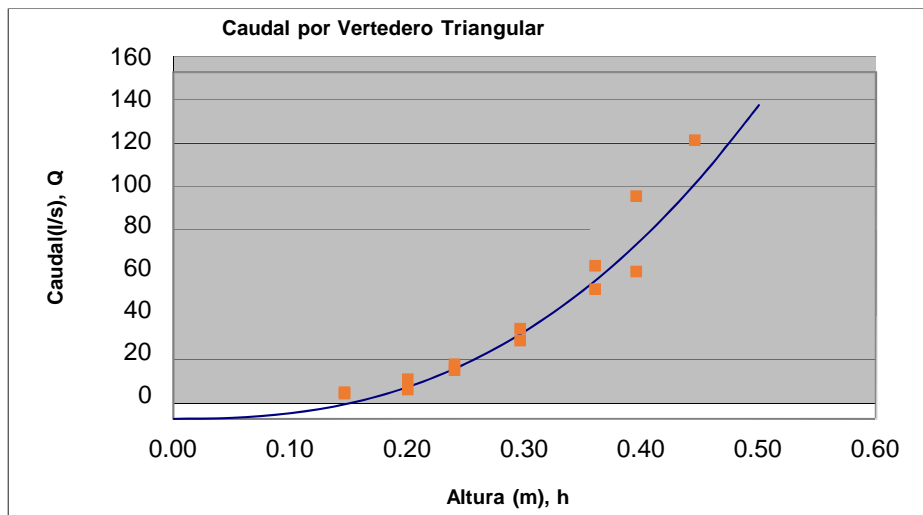
Datos teóricos			datos observados		
h	Q(m <sup>3</sup> /s)		h	Q(m <sup>3</sup> /s)	Q(m <sup>3</sup> /s)
0.00	0.00	Q1	0.296	0.041603	41.60
0.05	0.46	Q2	0.296	0.036	36.10
0.10	2.59	Q3	0.240	0.025	25.21
0.15	7.14	Q4	0.240	0.023	22.56
0.20	14.65	Q5	0.146	0.012	11.65
0.25	25.59	Q6	0.146	0.012	12.37
0.30	40.37	Q7	0.360	0.060	59.91
0.35	59.35	Q8	0.360	0.071	70.64
0.40	82.88	Q9	0.395	0.103	102.83
0.45	111.25	Q10	0.395	0.068	68.02
0.50	144.78	Q11	0.200	0.018	18.30
		Q12	0.200	0.014	13.56
		Q13	0.445	0.129	128.62

Fuente: (Elaboración propia)

*Nota:* esta tabla muestra un compendio de datos correspondientes a los caudales teóricos calculados en Excel y los caudales ensayados en el modelo físico correspondientes al vertedero 2 que representa al río Toltén.

**Figura 19.**

*Gráfico de caudales correspondientes a vertedero 2 – río Toltén.*



Fuente: (Elaboración propia)

*Nota:* Este gráfico muestra la relación de caudales (Q), calculados y observados, con respecto a la altura (h) en el vertedero 2 que representa al río Toltén.

**Tabla 3.**

*Cálculo de caudales para vertedero 1 que representa el río Allipén.*

CALCULO DE CAUDAL POR MEDIO DE CORRENTOMETRO											
Vertedero	1		con retencion en salida					Helice		85018-1	
Fecha:	10/12/2022		11 vuelta valbula grande			$N = \frac{U}{T}$		Coeficientes			
Hora:	16:30		$Q = \frac{\Sigma(q_1 + q_2)D}{2}$			$q = V.Y$		a		0.0553	
Ancho =	5.130 m							b		0.0421	
Linimetro=	0.352 m		$V = 0.0553N + 0.0421$					U : número de revoluciones			
Salida=	0.12 m										
Punto	Medición	Factor altura desde abajo	Y (m)	Y parcial	T	U	N	V	V prom	q	
1	1	0.25	0.118	0.030	40	47	1.18	0.107	0.102	0.012	
1	1	0.4		0.047	40	55	1.38	0.118			
1	1	0.8		0.094	40	45	1.13	0.104			
1	2	0.25	0.118	0.030	40	49	1.23	0.110	0.102	0.012	
1	2	0.4		0.047	40	47	1.18	0.107			
1	2	0.8		0.094	40	49	1.23	0.110			
2	1	0.2	0.162	0.032	40	29	0.73	0.082	0.101	0.016	
2	1	0.4		0.065	40	38	0.95	0.095			
2	1	0.8		0.130	40	63	1.58	0.129			
2	2	0.2	0.162	0.032	40	18	0.45	0.067	0.092	0.015	
2	2	0.4		0.065	40	26	0.65	0.078			
2	2	0.8		0.130	40	63	1.58	0.129			
2	2	0.8		0.130	40	63	1.58	0.129			
3	1	0.2	0.154	0.031	40	29	0.73	0.082	0.146	0.022	
3	1	0.4		0.062	40	48	1.20	0.108			
3	1	0.8		0.123	40	137	3.43	0.232			
3	2	0.2	0.154	0.031	40	29	0.73	0.082	0.150	0.023	
3	2	0.4		0.062	40	46	1.15	0.106			
3	2	0.8		0.123	40	147	3.68	0.245			
4	1	0.26	0.113	0.029	40	176	4.40	0.285	0.349	0.039	
4	1	0.4		0.045	40	210	5.25	0.332			
4	1	0.8		0.090	40	302	7.55	0.460			
4	2	0.26	0.113	0.029	40	174	4.35	0.283	0.340	0.038	
4	2	0.4		0.045	40	206	5.15	0.327			
4	2	0.8		0.090	40	290	7.25	0.443			
4	2	0.8		0.090	40	290	7.25	0.443			
5	1	0.36	0.084	0.030	40	438	10.95	0.648	0.660	0.055	
5	1	0.6		0.050	40	508	12.70	0.744			
5	1	0.8		0.067	40	557	13.93	0.812			
5	2	0.36	0.084	0.030	40	444	11.10	0.656	0.663	0.056	
5	2	0.6		0.050	40	508	12.70	0.744			
5	2	0.8		0.067	40	557	13.93	0.812			
6	1		0.036	0.000	40		0.00	0.042	0.284	0.010	
6	1			0.000	40		0.00	0.042			
6	1	0.83		0.030	40	299	7.48	0.455			
6	2		0.036	0.000	40		0.00	0.042	0.290	0.010	
6	2			0.000	40		0.00	0.042			
6	2	0.83		0.030	40	306	7.65	0.465			
Tramo	Distancia desde orilla	distancia tramo	q	Q	Linimetro	0.352	$Q = Cd h^{\frac{5}{2}}$				
1	0.182	0.182	0.012	0.001	alfa	90					
2	0.42	0.238	0.016	0.003	Cd	1.4					
3	0.701	0.281	0.023	0.005	Q teorico	0.103 m3/s					
4	1.069	0.368	0.039	0.011							
5	1.896	0.827	0.056	0.039							
6	2.903	1.007	0.010	0.033							
7	5.124	2.221		0.011							
<b>Q total</b>				<b>0.105 m3/s</b>							

Fuente: (Elaboración propia)

Nota: esta tabla representa el modelo usado para el cálculo de los caudales por medio de correntómetro para los ensayos del río Allipén (vertedero 1).



**Tabla 4.**

*Cálculo de caudales para vertedero 2 que representa el río Toltén.*

CALCULO DE CAUDAL POR MEDIO DE CORRENTOMETRO										
Vertedero	2		<b>COMPUERTAS CERRADAS</b>					<b>Helice 85018-1</b>		
Fecha:	09/11/2022		$Q = \frac{\sum(q_1 + q_2)D}{2}$ $V = 0.0553N + 0.0421$			$N = \frac{U}{T}$ $q = V \cdot Y$		Coeficientes		
Hora:	13:45							a	0.0553	
Ancho =	2.300 m							b	0.0421	
Linimetro=	0.240 m							U : número de revoluciones		
Punto	Medición	Factor altura desde abajo	Y (m)	Y parcial	T	U	N	V	V prom	q
1	1			0.000	40		0.00	0.042		
1	1	0.5	0.062	0.031	40	31	0.78	0.085	0.076	0.005
1	1	0.85		0.053	40	34	0.85	0.089		
1	2			0.000	40		0.00	0.042		
1	2	0.5	0.062	0.031	40	34	0.85	0.089	0.078	0.005
1	2	0.85		0.053	40	36	0.90	0.092		
2	1	0.3		0.033	40	77	1.93	0.149		
2	1	0.5	0.109	0.055	40	85	2.13	0.160	0.159	0.017
2	1	0.8		0.087	40	115	2.88	0.201		
2	2	0.3		0.033	40	72	1.80	0.142		
2	2	0.5	0.109	0.055	40	90	2.25	0.167	0.160	0.017
2	2	0.8		0.087	40	120	3.00	0.208		
3	1	0.35		0.033	40	178	4.45	0.288		
3	1	0.55	0.094	0.052	40	183	4.58	0.295	0.274	0.026
3	1	0.8		0.075	40	199	4.98	0.317		
3	2	0.35		0.033	40	179	4.48	0.290		
3	2	0.55	0.094	0.052	40	188	4.70	0.302	0.278	0.026
3	2	0.8		0.075	40	204	5.10	0.324		
4	1			0.000	40		0.00			
4	1	0.6	0.05	0.030	40	138	3.45	0.233	0.208	0.010
4	1	0.8		0.040	40	163	4.08	0.267		
4	2			0.000	40		0.00			
4	2	0.6	0.05	0.030	40	139	3.48	0.234	0.209	0.010
4	2	0.8		0.040	40	163	4.08	0.267		

Tramo	Distancia desde orilla	distancia tramo	q	Q	Linimetro	
1	0.084	0.084	0.0048	0.0002	0.240	$Q = Cd h^{\frac{5}{2}}$
2	0.322	0.238	0.0174	0.0026	60	
3	0.603	0.281	0.0260	0.0061	0.819	
4	0.971	0.368	0.0104	0.0067		
5	2.3	1.329		0.0069		
<b>Q total</b>				<b>0.023 m3/s</b>		

Fuente: (Elaboración propia)

*Nota:* esta tabla representa el modelo usado para el cálculo de los caudales por medio de correntómetro para los ensayos del río Toltén (vertedero 2).

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la etapa de diseño fue esencial poder definir la zona de estudio en el prototipo porque la elección adecuada de este espacio definiría todo el experimento, así es pues, el área de influencia para la investigación se definió de acuerdo a la topografía y dimensiones presentes en el área destinada por UDEP para el desarrollo de los experimentos, además el diseño del modelo se realizó respetando la fauna presente y procurando adecuarnos a las estructuras existentes de modelos anteriormente desarrollados en el lugar. Todo esto condicionó la definición de un factor muy importante, la escala geométrica para el modelo, la cual se resolvió en una proporción de 1:57.9 sin distorsión porque era la opción que más asemejaba el comportamiento hidrodinámico de la confluencia. A su vez, el diseño del modelo físico se vio influenciado por la capacidad operativa de las bombas proporcionadas para los ensayos a realizar en la investigación, es decir que estas fuesen capaces de impulsar el agua suficiente para los ensayos de mayor caudal y menor caudal sin inconvenientes.

La definición de las secciones de construcción se dio a partir de un eje trazado por el talweg; perpendicular a este trazo se generaron líneas transversales para designar las secciones de construcción. La elección de la distancia de espaciamiento entre sección y sección se dio con el criterio de representar las secciones según los cambios de nivel que fuesen considerablemente abruptos en la topografía. Para la construcción del modelo físico se decidió llevarlo a cabo mediante los procesos de albañilería tradicional dado la factibilidad de materiales, mano de obra, tiempo y economía del proyecto. Dicho lo anterior, la construcción decidimos realizarla por medio de secciones, ubicando estacas en los cambios de pendiente de estas, y para ello contamos con un nivel topográfico asegurando la permanente revisión de cotas durante el proceso de construcción del modelo. El contorno del modelo se definió en que sea de muros de ladrillo de arcilla y que el relieve estuviera representado por un piso de concreto de resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

En cuanto a los caudales, lo primero en discusión fue determinar la sección de medición, esto se decidió observando en qué sección el flujo fuese más perpendicular a la que se considere para dicho fin. Esto se complicaba debido a que el flujo tenía un comportamiento bidimensional. Posteriormente procedimos con la programación de caudales de manera teórica en orden a la función  $Q=f(h)$ , la cual,

para los dos vertederos, la fórmula reflejada es  $Q=C_dH^{5/2}$ , donde  $C_d$  es un coeficiente calibrado con datos recolectados en las mediciones.

## CONCLUSIONES

Del cálculo de las escalas se concluye que siempre estará presente la tendencia a la distorsión del espacio desde su forma real hasta su forma proyectada en el modelo, lo cual nos induce a tener un porcentaje de error producto de que el espacio modelo difiere proporcionalmente del prototipo alterando la dinámica del flujo y provocando que los datos registrados discrepen un poco de los observado en la realidad de los ríos. Además, la escala geométrica se trabaja en consideración al área proporcionada en el Laboratorio de Hidráulicas de la Universidad de Piura y se limita al uso de las estructuras existentes para nuestro beneficio debido a lo costoso que son estos experimentos y este factor restringe qué tanto puede extenderse el área a construir o qué tantas obras civiles se implementan. Decisivamente, en ese sentido, la escala geométrica elegida fue de 1:57.9 porque era la que mejor se acomodaba al espacio optimizado para la implementación del experimento.

Se determina que, con el método de albañilería convencional y un minucioso seguimiento topográfico diario, la construcción del modelo físico hidráulico se ejecuta eficientemente, es decir “el modelo” logrará ser lo más parecido a la realidad.

De la medición de caudales ensayados en el modelo hidráulico con el uso del correntómetro se llega a la conclusión de que el experimento ha sido exitoso porque se obtiene como resultado un compendio de datos muy similar al registro de caudales registrados que fluyen en la realidad de la confluencia.

Se concluye que el estudio de la confluencia de ríos mediante modelo físico en el laboratorio de hidráulica de la Universidad de Piura nos permite conocer las características del flujo y entender el comportamiento de este con los diferentes caudales ensayados, resolviendo que la confluencia en estudio presenta un flujo de carácter turbulento y comportamiento bidimensional.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda la implementación de un laboratorio de hidráulica para que futuros experimentos con modelos hidráulicos puedan ser realizados en la Universidad Privada Antenor Orrego.

Se recomienda la implementación de equipos en laboratorio de hidráulica para que el alumnado acceda a su uso y tenga más conocimiento en la hidráulica experimental.

Se recomienda que esta investigación y artículos que puedan producirse a raíz de esta misma, sean publicados con el respaldo de la Universidad Privada Antenor Orrego para que se tomen como antecedentes en trabajos futuros de confluencia en ríos.

Se recomienda continuar incentivando al alumnado orregino en formar parte de la investigación de proyectos hidráulicos, y no solo por parte de nuestra casa de estudios sino también en colaboración con otras instituciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Luque, P. (2004). Estudio en modelo físico reducido. aplicación: presa derivadora Los Ejidos [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Nacional de ingeniería]. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/18931>

Ashmore, P., Parker, G., (1983). Confluence scour in coarse braided streams. *Water Resour. Res.* 19 (2), 392–402.  
<http://dx.doi.org/10.1029/WR019i002p00392>.

Muñoz, Sh. (2016). *Análisis de caudales en la confluencia del río Teusaca al río Bogotá* [Trabajo de grado, Universidad Militar Nueva Granada].  
<http://hdl.handle.net/10654/15395>

Guerrero, L. (2014). *Investigación hidráulica y sedimentológica en modelo físico del vertedero de servicio de la presa Sabana Yegua* [Tesis de pregrado en Ingeniería Civil. Universidad de Piura]. <https://hdl.handle.net/11042/1754>

N. W. Hudson (1997). Caudal. Medición sobre el terreno de la erosión del suelo y de la escorrentía Volumen 68 de Boletín de suelos de la FAO (pp. 57-81). FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Ojeda, A., Tapia, J., (2011). *Estudio en modelo hidráulico de las obras del trasvase del Río Daule al Río Vinces* [Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Civil. Escuela Politécnica Nacional].  
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4007>

J.P. Martín-Vide, A. Plana-Casado, A. Sambola, S. Capapé. (2015). Bedload transport in a river confluence. *Geomorphology*, 250, 15-28.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169555X1530088X?via%3Dihub>

Martín Vide, J.P. (Segunda Edición) (2006). *Ingeniería de Ríos*. Ediciones de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL.

Marbello Pérez, R. (2005). Manual de prácticas de laboratorio de hidráulica. Instituto Privado de Investigación sobre el Cambio Climático (2017). *Manual de Medición de Caudales*. <https://icc.org.gt/wp-content/uploads/2018/02/Manual-de-medici%C3%B3n-de-caudales-ICC.pdf>

Maldonado Narváez, L.R. y Pallares Castro, D.X. (2012) *Análisis en modelo hidráulico de la estructura de interconexión de las centrales Sarapullo y Alluriquín [Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero Civil, Escuela Politécnica Nacional de Ecuador]*.

## ANEXOS

**Figura 20.**

*Certificado de calibración de correntómetro*



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

Procedencia : UNIVERSIDAD DE PIURA.

Correntómetro : AOTT C2 Serie N°: 205109


Norma de Calibración: ISO 3455 N° rev/Contacto: 01

Temperatura del agua durante la calibración : 19,4° C

Hélice N°	Tipo de Soporte	Ecuación de Calibración	I	Velocidad Mínima de Respuesta (m/s)	Límites de Calibración
84027-3	Varilla	$V = 0,2492 N + 0,0239$	$\pm 0,006$	0,09	$0,25 \leq N \leq 9,0$
85094-6	Varilla	$V = 0,1038 N + 0,0664$	$\pm 0,030$	0,09	$0,25 \leq N \leq 20,0$
85018-1	Varilla	$V = 0,0553 N + 0,0421$	$\pm 0,029$	0,10	$1,0 \leq N \leq 38,0$

Donde:  
V: Velocidad del agua en m/s  
N: Número de vueltas de la hélice del correntómetro por segundo.  
I: Incertidumbre, en m/s, considerando un intervalo de confianza del 95%

Lima, 22 de Agosto del 2012



MSc. Ing. MIGUEL ZUBIAUR ALEJOS  
Jefe  
Calibración de Correntómetros





Dr. Ing. JULIO KUROIWA ZEVALLOS  
Director  
Laboratorio Nacional de Hidráulica



**Figura 21.**

*Tabla de velocidades para hélice "1" resultantes de la calibración del correntómetro.*



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA**



PROCEDENCIA: UNIVERSIDAD DE PIURA      FECHA: 22/08/2012  
 CORRENTOMETRO: AOTT C2      SERIE: 205109  
 HÉLICE Nº: S5018-1      Nº Rev./Contacto: 1  
 FILACIÓN: Varilla

ECUACIÓN:  $V = 0,0553 N + 0,0421 \pm 0,029$  (m/s)      N: # de revoluciones por segundo  
 $1,0 \leq N \leq 38,0$

**TABLA DE VELOCIDADES (m/s)**

Tiempo (s)	Número de revoluciones										
	40	60	80	100	140	180	220	260	300	340	380
10	0.263	0.374	0.485	0.595	0.816	1.038	1.259	1.480	1.701	1.922	2.144
11	0.243	0.344	0.444	0.545	0.746	0.947	1.148	1.349	1.550	1.751	1.952
12	0.226	0.319	0.411	0.503	0.687	0.872	1.056	1.240	1.425	1.609	1.793
13	0.212	0.297	0.382	0.467	0.638	0.808	0.978	1.148	1.318	1.488	1.659
14	0.200	0.279	0.358	0.437	0.595	0.753	0.911	1.069	1.227	1.385	1.543
15	0.190	0.263	0.337	0.411	0.558	0.706	0.853	1.001	1.148	1.296	1.443
16	0.180	0.249	0.319	0.388	0.526	0.664	0.802	0.941	1.079	1.217	1.355
17	0.172	0.237	0.302	0.367	0.498	0.628	0.758	0.888	1.018	1.148	1.278
18	0.165	0.226	0.288	0.349	0.472	0.595	0.718	0.841	0.964	1.087	1.210
19	0.159	0.217	0.275	0.333	0.450	0.566	0.682	0.799	0.915	1.032	1.148
20	0.153	0.208	0.263	0.319	0.429	0.540	0.650	0.761	0.872	0.982	1.093
21	0.147	0.200	0.253	0.305	0.411	0.516	0.621	0.727	0.832	0.937	1.043
22	0.143	0.193	0.243	0.293	0.394	0.495	0.595	0.696	0.796	0.897	0.997
23	0.138	0.186	0.234	0.283	0.379	0.475	0.571	0.667	0.763	0.860	0.956
24	0.134	0.180	0.226	0.273	0.365	0.457	0.549	0.641	0.733	0.826	0.918
25	0.131	0.175	0.219	0.263	0.352	0.440	0.529	0.617	0.706	0.794	0.883
26	0.127	0.170	0.212	0.255	0.340	0.425	0.510	0.595	0.680	0.765	0.850
27	0.124	0.165	0.206	0.247	0.329	0.411	0.493	0.575	0.657	0.738	0.820
28	0.121	0.161	0.200	0.240	0.319	0.398	0.477	0.556	0.635	0.714	0.793
29	0.118	0.157	0.195	0.233	0.309	0.385	0.462	0.538	0.614	0.690	0.767
30	0.116	0.153	0.190	0.226	0.300	0.374	0.448	0.521	0.595	0.669	0.743
31	0.113	0.149	0.185	0.220	0.292	0.363	0.435	0.506	0.577	0.649	0.720
32	0.111	0.146	0.180	0.215	0.284	0.353	0.422	0.491	0.561	0.630	0.699
33	0.109	0.143	0.176	0.210	0.277	0.344	0.411	0.478	0.545	0.612	0.679
34	0.107	0.140	0.172	0.205	0.270	0.335	0.400	0.465	0.530	0.595	0.660
35	0.105	0.137	0.169	0.200	0.263	0.327	0.390	0.453	0.516	0.579	0.643
36	0.104	0.134	0.165	0.196	0.257	0.319	0.380	0.441	0.503	0.564	0.626
37	0.102	0.132	0.162	0.192	0.251	0.311	0.371	0.431	0.490	0.550	0.610
38	0.100	0.129	0.159	0.188	0.246	0.304	0.362	0.420	0.479	0.537	0.595
39	0.099	0.127	0.156	0.184	0.241	0.297	0.354	0.411	0.467	0.524	0.581
40	0.097	0.125	0.153	0.180	0.236	0.291	0.346	0.402	0.457	0.512	0.567

  
 MSc. Ing. Miguel A. Zubiaur Alejos  
 Jefe  
 Calibración Correntómetros

  
 Dr. Julio Kuroiwa Zevallos  
 Director  
 Laboratorio Nacional de Hidráulica

**Tabla 5.**

*Cálculo de escala para modelo hidráulico.*

PROTOTIPO		MODELO					
PARAMETROS	ESCALA VERTICAL	57.9	38.6	45	57.9	20	20
	ESCALA HORIZONTAL	57.9	57.9	57.9	57.9	50	60
	DISTORSIÓN	1.0	1.5	1.28667	1.000	2.5	3.0
L (m)	900.00	15.54	15.54	15.54	15.54	18.00	15.00
B (m)	150.00	2.59	2.59	2.59	2.59	3.00	2.50
H max (cm)	546.00	9.43	14.15	12.13	9.43	27.30	27.30
H min (cm)	100.00	1.73	2.59	2.22	1.73	5.00	5.00
Q max (m <sup>3</sup> /s)	1,000.00	0.0392	0.0720	0.0572	0.0392	0.2236	0.1863
Q min (m <sup>3</sup> /s)	500.00	0.0196	0.0360	0.0286	0.0196	0.1118	0.0932
# Reynolds	3.27.E+07	7.41E+04	1.36E+05	1.08E+05	7.41E+04	3.65E+05	3.65E+05

Fuente: (Elaboración propia)

**Tabla 6.**

*Cálculo del caudal igual a 35 m<sup>3</sup>/s para vertedero 1 que representa el río Allipén.*

CALCULO DE CAUDAL POR MEDIO DE CORRENTOMETRO										
Vertedero	1		$Q = \frac{\Sigma(q_1 + q_2)D}{2}$ $V = 0.0553N + 0.0421$		$N = \frac{U}{T}$ $q = V.Y$		Helice 85018-1			
Fecha:	25/08/2022						Coeficientes			
Hora:	11:47						a	0.0553		
Ancho =	2.215 m						b	0.0421		
Linimetro=	0.232 m						U : número de revoluciones			
Punto	Medición	Factor altura desde abajo	Y (m)	Y parcial	T	U	N	V	V prom	q
1	1	0.2	0.056	0.011	40		0.00			
1	1	0.6		0.034	40	251	6.28	0.389	0.336	0.019
1	1	0.8		0.045	40	264	6.60	0.407		
1	2	0.2	0.056	0.011	40		0.00			
1	2	0.6		0.034	40	248	6.20	0.385	0.332	0.019
1	2	0.8		0.045	40	260	6.50	0.402		
2	1	0.2	0.11	0.022	40		0.00			
2	1	0.4		0.044	40	320	8.00	0.485	0.445	0.049
2	1	0.8		0.088	40	336	8.40	0.507		
2	2	0.2	0.11	0.022	40		0.00			
2	2	0.4		0.044	40	320	8.00	0.485	0.448	0.049
2	2	0.8		0.088	40	341	8.53	0.514		
3	1	0.3	0.096	0.029	40	242	6.05	0.377		
3	1	0.4		0.038	40	253	6.33	0.392	0.352	0.034
3	1	0.7		0.067	40	243	6.08	0.378		
3	2	0.2	0.096	0.019	40	248	6.20	0.385		
3	2	0.4		0.038	40	252	6.30	0.390	0.365	0.035
3	2	0.7		0.067	40	244	6.10	0.379		
4	1	0.2	0.043	0.009	40		0.00			
4	1	0.4		0.017	40		0.00		0.239	0.010
4	1	0.7		0.030	40	179	4.48	0.290		
4	2	0.2	0.043	0.009	40		0.00			
4	2	0.4		0.017	40		0.00		0.231	0.010
4	2	0.8		0.034	40	178	4.45	0.288		
Tramo	Distancia desde orilla	distancia tramo	q	Q	Linimetro	0.232	$Q = Cd h^{\frac{5}{2}}$			
1	0.085	0.085	0.0187	0.0008	alfa	90				
2	0.323	0.238	0.0491	0.0081	Cd	1.4				
3	0.604	0.281	0.0344	0.0117	Q teorico	0.036 m <sup>3</sup> /s				
4	0.972	0.368	0.0101	0.0082						
5	2.215	1.243		0.0063						
<b>Q total</b>				<b>0.035 m<sup>3</sup>/s</b>						

Fuente: (Elaboración propia)

**Tabla 7**

*Cálculo del caudal igual a 27 m<sup>3</sup>/s para vertedero 1 que representa el río Allipén.*

CALCULO DE CAUDAL POR MEDIO DE CORRENTOMETRO																		
Vertedero	1																	
Fecha:	25/08/2022		$Q = \frac{\sum(q_1 + q_2)D}{2}$ $V = 0.0553N + 0.0421$		$N = \frac{U}{T}$ $q = V \cdot Y$		<table border="1"> <tr> <td>Helice</td> <td>85018-1</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Coeficientes</td> </tr> <tr> <td>a</td> <td>0.0553</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>0.0421</td> </tr> </table>		Helice	85018-1	Coeficientes		a	0.0553	b	0.0421		
Helice	85018-1																	
Coeficientes																		
a	0.0553																	
b	0.0421																	
Hora:	15:15																	
Ancho =	2.138 m																	
Linimetro=	0.201 m																	
U : número de revoluciones																		
Punto	Medición	Factor altura desde abajo	Y (m)	Y parcial	T	U	N	V	V prom	q								
1	1		0.056		40	244			0.3320	0.019								
1	1				40													
1	1	0.5		0.028	40		6.10	0.3794										
1	2		0.056		40	231			0.3163	0.018								
1	2				40													
1	2	0.5		0.028	40		5.78	0.3615										
2	1	0.3	0.104	0.0312	40	273	6.83	0.4195	0.4015	0.042								
2	1	0.5		0.052	40		7.03	0.4306										
2	1	0.8		0.0832	40		7.38	0.4499										
2	2	0.3	0.104	0.0312	40	274	6.85	0.4209	0.4023	0.042								
2	2	0.5		0.052	40		7.23	0.4416										
2	2	0.8		0.0832	40		7.25	0.4430										
3	1		0.086		40	174			0.2662	0.023								
3	1	0.4		0.0344	40		4.35	0.2827										
3	1	0.7		0.0602	40		4.83	0.3089										
3	2		0.086		40	167			0.2643	0.023								
3	2	0.4		0.0344	40		4.18	0.2730										
3	2	0.7		0.0602	40		4.93	0.3145										
4	1		0.042		40	123			0.1750	0.007								
4	1				40													
4	1	0.7		0.0294	40		3.08	0.2121										
4	2		0.042	0	40	124			0.1762	0.007								
4	2			0	40													
4	2	0.7		0.0294	40		3.10	0.2135										
Tramo	Distancia desde orilla	distancia tramo	q	Q	Linimetro	0.198	$Q = Cd h^{\frac{5}{2}}$											
1	0.071	0.071	0.0182	0.0006	alfa	90												
2	0.309	0.238	0.0418	0.0071	Cd	1.4												
3	0.59	0.281	0.0228	0.0091	Q teorico	0.024 m3/s												
4	0.958	0.368	0.0074	0.0056														
5	2.131	1.173		0.0043														
<b>Q total</b>				<b>0.027 m3/s</b>														

Fuente: (Elaboración propia)

**Tabla 8.**

*Cálculo del caudal igual a 26 m<sup>3</sup>/s para vertedero 1 que representa el río Allipén.*

CALCULO DE CAUDAL POR MEDIO DE CORRENTOMETRO										
Vertedero	1									
Fecha:	25/08/2022		$Q = \frac{\Sigma(q_1 + q_2)D}{2}$ $V = 0.0553N + 0.0421$			$N = \frac{U}{T}$ $q = V \cdot Y$		Helice 85018-1		
Hora:	16:30							Coeficientes		a
Ancho =	2.094 m									
Linimetro=	0.218 m									
U : número de revoluciones										
Punto	Medición	Factor altura desde abajo	Y (m)	Y parcial	T	U	N	V	V prom	q
1	1			0	40		0.00			
1	1		0.064	0	40		0.00		0.3260	0.021
1	1	0.5		0.032	40	239	5.98	0.3725		
1	2				40		0.00			
1	2		0.064		40		0.00		0.3199	0.020
1	2	0.5		0.032	40	234	5.85	0.3656		
2	1	0.3		0.0315	40	249	6.23	0.3863		
2	1	0.5	0.105	0.0525	40	272	6.80	0.4181	0.3818	0.040
2	1	0.8		0.084	40	283	7.08	0.4333		
2	2	0.3		0.0315	40	246	6.15	0.3822		
2	2	0.5	0.105	0.0525	40	280	7.00	0.4292	0.3827	0.040
2	2	0.8		0.084	40	282	7.05	0.4320		
3	1				40					
3	1	0.35	0.086	0.0301	40	170	4.25	0.2771	0.2640	0.023
3	1	0.7		0.0602	40	187	4.68	0.3006		
3	2				40					
3	2	0.35	0.086	0.0301	40	177	4.43	0.2868	0.2716	0.023
3	2	0.7		0.0602	40	192	4.80	0.3075		
4	1				40					
4	1		0.045		40				0.1603	0.007
4	1	0.65		0.02925	40	108	2.70	0.1914		
4	2				40					
4	2		0.045		40				0.1615	0.007
4	2	0.65		0.02925	40	109	2.73	0.1928		

Tramo	Distancia desde orilla	distancia tramo	q	Q		
1	0.067	0.067	0.0207	0.0007	Linimetro	0.218
2	0.305	0.238	0.0401	0.0072	alfa	90
3	0.586	0.281	0.0230	0.0089	Cd	1.4
4	0.954	0.368	0.0072	0.0056	Q teorico	0.031 m <sup>3</sup> /s
5	2.094	1.14		0.0041		

<b>Q total</b>	<b>0.026 m<sup>3</sup>/s</b>
----------------	------------------------------

$$Q = Cdh^{\frac{5}{2}}$$

Fuente: (Elaboración propia)

**Tabla 9.**

*Cálculo del caudal igual a 25 m<sup>3</sup>/s para vertedero 1 que representa el río Allipén.*

CALCULO DE CAUDAL POR MEDIO DE CORRENTOMETRO													
Vertedero	1		sin retencion en salida					Helice		85018-1			
Fecha:	09/08/2022		$Q = \frac{\Sigma(q_1 + q_2)D}{2}$			$N = \frac{U}{T}$		Coeficientes					
Hora:	11:02							a			0.0553		
Ancho =	2.075 m		$V = 0.0553N + 0.0421$			$q = V \cdot Y$		b			0.0421		
Linimetro=	0.198 m							U : número de revoluciones					
Salida=	0.058 m												
Punto	Medición	Factor altura desde abajo	Y (m)	Y parcial	T	U	N	V	V prom	q			
1	1		0.055	0.033	40	230	5.75	0.3601	0.3061	0.017			
1	1												
1	1	0.6											
1	2		0.055	0.033	40	233	5.83	0.3642	0.3096	0.017			
1	2												
1	2	0.6											
2	1	0.3	0.097	0.0291	40	268	6.70	0.4126	0.3960	0.038			
2	1	0.6		0.0582	40	289	7.23	0.4416					
2	1	0.8		0.0776	40	285	7.13	0.4361					
2	2	0.3	0.097	0.0291	40	265	6.63	0.4085	0.3926	0.038			
2	2	0.6		0.0582	40	285	7.13	0.4361					
2	2	0.8		0.0776	40	284	7.10	0.4347					
3	1		0.086	0.0344	40	160	4.00	0.2633	0.2382	0.020			
3	1	0.4											
3	1	0.7			0.0602						40	162	4.05
3	2		0.086	0.0344	40	154	3.85	0.2550	0.2351	0.020			
3	2	0.4											
3	2	0.7			0.0602						40	163	4.08
4	1		0.044	0.0308	40	118	2.95	0.2052	0.1693	0.007			
4	1												
4	1	0.7											
4	2		0.044	0.0308	40	126	3.15	0.2163	0.1784	0.008			
4	2												
4	2	0.7											

Tramo	Distancia desde orilla	distancia tramo	q	Q		
1	0.065	0.065	0.0169	0.0006		
2	0.303	0.238	0.0382	0.0066	Linimetro	0.198
3	0.584	0.281	0.0204	0.0082	alfa	90
4	0.952	0.368	0.0077	0.0052	Cd	1.4
5	2.075	1.123		0.0043	Q teorico	0.024 m <sup>3</sup> /s

<b>Q total</b>	<b>0.025 m<sup>3</sup>/s</b>
----------------	------------------------------

$$Q = Cdh^{\frac{5}{2}}$$

Fuente: (Elaboración propia)



**Tabla 11.**

*Cálculo del caudal igual a 8 m3/s para vertedero 1 que representa el río Allipén.*

CALCULO DE CAUDAL POR MEDIO DE CORRENTOMETRO										
Vertedero	1	con retencion en salida								
Fecha:	09/08/2022	1 vuelta valbula grande			$N = \frac{U}{T}$		Helice	85018-1		
Hora:	16:12						Coeficientes			
Ancho =	1.964 m	$Q = \frac{\Sigma(q_1 + q_2)D}{2}$					a	0.0553		
Linimetro =	0.100 m	$V = 0.0553N + 0.0421$			$q = V.Y$		b	0.0421		
Salida =	0.049 m						U : número de revoluciones			
Punto	Medición	Factor altura desde abajo	Y (m)	Y parcial	T	U	N	V	V prom	q
1	1		0.045		40					
1	1		0.045		40				0.0839	0.004
1	1	0.65		0.02925	40	42	1.05	0.1002		
1	2		0.045		40					
1	2		0.045		40				0.0932	0.004
1	2	0.65		0.02925	40	50	1.25	0.1112		
2	1	0.314		0.029202	40	54	1.35	0.1168		
2	1	0.6	0.093	0.0558	40	55	1.38	0.1181	0.1117	0.010
2	1	0.8		0.0744	40	63	1.58	0.1292		
2	2	0.314		0.029202	40	58	1.45	0.1223		
2	2	0.6	0.093	0.0558	40	59	1.48	0.1237	0.1155	0.011
2	2	0.8		0.0744	40	64	1.60	0.1306		
3	1		0.078		40					
3	1	0.373	0.078	0.029094	40	19	0.48	0.0684	0.0710	0.006
3	1	0.7		0.0546	40	33	0.83	0.0877		
3	2		0.078		40					
3	2	0.373	0.078	0.029094	40	22	0.55	0.0725	0.0702	0.005
3	2	0.7		0.0546	40	29	0.73	0.0822		
Tramo	Distancia desde orilla	distancia tramo	q	Q	Linimetro					
1	0.057	0.057	0.0040	0.0001	alfa	0.097	0.503			
2	0.295	0.238	0.0106	0.0017	Cd	90				
3	0.576	0.281	0.0055	0.0023	Q teorico	1.4				
4	1.964	1.388		0.0038						
<b>Q total</b>				<b>0.008 m3/s</b>						

$$Q = Cd h^{\frac{5}{2}}$$

Fuente: (Elaboración propia)



**Tabla 12.**

*Cálculo del caudal igual a 7 m3/s para vertedero 1 que representa el río Allipén*

CALCULO DE CAUDAL POR MEDIO DE CORRENTOMETRO										
Vertedero	1	sin retencion en salida								
Fecha:	09/08/2022	1 vuelta valbula grande			$N = \frac{U}{T}$		Helice	85018-1		
Hora:	15:55						Coeficientes			
Ancho =	1.483 m	$Q = \frac{\Sigma(q_1 + q_2)D}{2}$					a	0.0553		
Linimetro=	0.100 m	$V = 0.0553N + 0.0421$			$q = V.Y$		b	0.0421		
Salida=	0.028 m						U : número de revoluciones			
Punto	Medición	Factor altura desde abajo	Y (m)	Y parcial	T	U	N	V	V prom	q
1	1			0	40					
1	1		0.03	0	40					
1	1			0	40					
1	2			0	40					
1	2		0.03	0	40					
1	2			0	40					
2	1			0	40					
2	1	0.41	0.074	0.03034	40	128	3.20	0.2191	0.2021	0.015
2	1	0.7		0.0518	40	137	3.43	0.2315		
2	2				40					
2	2	0.41	0.074	0.03034	40	129	3.23	0.2204	0.1985	0.015
2	2	0.7		0.0518	40	130	3.25	0.2218		
3	1				40		0.00			
3	1		0.06		40		0.00		0.0429	0.003
3	1	0.5		0.03	40	5	0.13	0.0490		
3	2				40					
3	2		0.06	0	40				0.0405	0.002
3	2	0.5		0.03	40	3	0.08	0.0462		
Tramo	Distancia desde orilla	distancia tramo	q	Q	Linimetro					
1	0.265	0.265	0.015	0.002	alfa	0.1				
2	0.546	0.281	0.003	0.002	Cd	90				
3	1.483	0.937		0.001	Q teorico	1.4				
										$Q = Cdh^{\frac{5}{2}}$
<b>Q total</b>				<b>0.007 m3/s</b>						

Fuente: (Elaboración propia)

**Tabla 13.**

*Cálculo del caudal igual a 50 m<sup>3</sup>/s para vertedero 1 que representa el río Allipén*

CALCULO DE CAUDAL POR MEDIO DE CORRENTOMETRO											
<b>Vertedero</b>	<b>1</b>		<b>sin retencion en salida</b>								
Fecha:	10/12/2022		10 vuelta valbula grande			$N = \frac{U}{T}$	<b>Helice 85018-1</b>				
Hora:	15:03						<b>Coefficientes</b>				
Ancho =	5.130 m		$Q = \frac{\Sigma(q_1 + q_2)D}{2}$				<b>a</b>	0.0553			
Linimetro=	0.352 m		<b>V = 0.0553N + 0.0421</b>			$q = V.Y$	<b>b</b>	0.0421			
Salida=	0.095 m						U : número de revoluciones				
Punto	Medición	Factor altura desde abajo	Y (m)	Y parcial	T	U	N	V	V prom	q	
1	1	0.25		0.02875	40	55	1.38	0.1181			
1	1	0.4	0.115	0.046	40	56	1.40	0.1195	0.1139	0.013	
1	1	0.8		0.092	40	60	1.50	0.1251			
1	2	0.25		0.02875	40	53	1.33	0.1154			
1	2	0.4	0.115	0.046	40	55	1.38	0.1181	0.1122	0.013	
1	2	0.8		0.092	40	59	1.48	0.1237			
2	1	0.2		0.032	40	50	1.25	0.1112			
2	1	0.4	0.16	0.064	40	61	1.53	0.1264	0.1213	0.019	
2	1	0.8		0.128	40	70	1.75	0.1389			
2	2	0.2		0.032	40	53	1.33	0.1154			
2	2	0.4	0.16	0.064	40	61	1.53	0.1264	0.1234	0.020	
2	2	0.8		0.128	40	72	1.80	0.1416			
3	1	0.2		0.029	40	53	1.33	0.1154			
3	1	0.4	0.145	0.058	40	54	1.35	0.1168	0.1189	0.017	
3	1	0.8		0.116	40	69	1.73	0.1375			
3	2	0.2		0.029	40	53	1.33	0.1154			
3	2	0.4	0.145	0.058	40	56	1.40	0.1195	0.1197	0.017	
3	2	0.8		0.116	40	69	1.73	0.1375			
4	1	0.3		0.0315	40	66	1.65	0.1333			
4	1	0.4	0.105	0.042	40	72	1.80	0.1416	0.1392	0.015	
4	1	0.8		0.084	40	91	2.28	0.1679			
4	2	0.3		0.0315	40	62	1.55	0.1278			
4	2	0.4	0.105	0.042	40	71	1.78	0.1403	0.1412	0.015	
4	2	0.8		0.084	40	98	2.45	0.1776			
5	1	0.4		0.028	40	120	3.00	0.2080			
5	1	0.6	0.07	0.042	40	132	3.30	0.2246	0.1984	0.014	
5	1	0.8		0.056	40	139	3.48	0.2343			
5	2	0.4		0.028	40	117	2.93	0.2039			
5	2	0.6	0.07	0.042	40	134	3.35	0.2274	0.1998	0.014	
5	2	0.8		0.056	40	145	3.63	0.2426			

Tramo	Distancia desde orilla	distancia tramo	q	Q	
1	0.182	0.182	0.013	0.001	
2	0.42	0.238	0.020	0.004	
3	0.701	0.281	0.017	0.005	Linimetro 0.352
4	1.069	0.368	0.015	0.006	alfa 90
5	1.896	0.827	0.014	0.012	Cd 1.4
6	5.124	3.228		0.022	Q teorico 0.103 m3/s
<b>Q total</b>				<b>0.050 m3/s</b>	

$$Q = Cd h^{\frac{5}{2}}$$

Fuente: (Elaboración propia)

**Tabla 14.**

*Cálculo del caudal igual a 95 m<sup>3</sup>/s para vertedero 1 que representa el río Allipén*

CALCULO DE CAUDAL POR MEDIO DE CORRENTOMETRO											
<b>Vertedero</b>	<b>1</b>		<b>con retencion en salida</b>					<b>Helice 85018-1</b>			
Fecha:	10/12/2022		11 vuelta valbula grande			$N = \frac{U}{T}$		<b>Coefficientes</b>			
Hora:	16:30							<b>a</b>		0.0553	
Ancho =	5.130 m		$Q = \frac{\Sigma(q_1 + q_2)D}{2}$			$q = V \cdot Y$		<b>b</b>		0.0421	
Linimetro=	0.352 m		$V = 0.0553N + 0.0421$					U : número de revoluciones			
Salida=	0.12 m										
Punto	Medición	Factor altura desde abajo	Y (m)	Y parcial	T	U	N	V	V prom	q	
1	1	0.25		0.030	40	47	1.18	0.1071			
1	1	0.4	0.118	0.047	40	55	1.38	0.1181	0.1023	0.012	
1	1	0.8		0.094	40	45	1.13	0.1043			
1	2	0.25		0.030	40	49	1.23	0.1098			
1	2	0.4	0.118	0.047	40	47	1.18	0.1071	0.1022	0.012	
1	2	0.8		0.094	40	49	1.23	0.1098			
2	1	0.2		0.032	40	29	0.73	0.0822			
2	1	0.4	0.162	0.065	40	38	0.95	0.0946	0.1006	0.016	
2	1	0.8		0.130	40	63	1.58	0.1292			
2	2	0.2		0.032	40	18	0.45	0.0670			
2	2	0.4	0.162	0.065	40	26	0.65	0.0780	0.0918	0.015	
2	2	0.8		0.130	40	63	1.58	0.1292			
3	1	0.2		0.031	40	29	0.73	0.0822			
3	1	0.4	0.154	0.062	40	48	1.20	0.1085	0.1457	0.022	
3	1	0.8		0.123	40	137	3.43	0.2315			
3	2	0.2		0.031	40	29	0.73	0.0822			
3	2	0.4	0.154	0.062	40	46	1.15	0.1057	0.1504	0.023	
3	2	0.8		0.123	40	147	3.68	0.2453			
4	1	0.26		0.029	40	176	4.40	0.2854			
4	1	0.4	0.113	0.045	40	210	5.25	0.3324	0.3492	0.039	
4	1	0.8		0.090	40	302	7.55	0.4596			
4	2	0.26		0.029	40	174	4.35	0.2827			
4	2	0.4	0.113	0.045	40	206	5.15	0.3269	0.3404	0.038	
4	2	0.8		0.090	40	290	7.25	0.4430			
5	1	0.36		0.030	40	438	10.95	0.6476			
5	1	0.6	0.084	0.050	40	508	12.70	0.7444	0.6600	0.055	
5	1	0.8		0.067	40	557	13.93	0.8122			
5	2	0.36		0.030	40	444	11.10	0.6559			
5	2	0.6	0.084	0.050	40	508	12.70	0.7444	0.6632	0.056	
5	2	0.8		0.067	40	557	13.93	0.8122			
6	1				40						
6	1		0.036		40				0.3610	0.013	
6	1	0.83		0.030	40	299	7.48	0.4555			
6	2				40						
6	2		0.036		40				0.3686	0.013	
6	2	0.83		0.030	40	306	7.65	0.4651			
Tramo	Distancia desde orilla	distancia tramo	q	Q							
1	0.182	0.182	0.012	0.001							
2	0.42	0.238	0.016	0.003							
3	0.701	0.281	0.023	0.005							
4	1.069	0.368	0.039	0.011							
5	1.896	0.827	0.056	0.039							
6	2.903	1.007	0.013	0.035							
7	5.124	2.221		0.015							
<b>Q total</b>				<b>0.095 m<sup>3</sup>/s</b>							
						Linimetro	0.352				
						alfa	90				
						Cd	1.4				
						<b>Q teorico</b>	<b>0.103 m<sup>3</sup>/s</b>				
										$Q = Cdh^{\frac{5}{2}}$	

Fuente: (Elaboración propia)

**Tabla 15.**

*Cálculo del caudal igual a 104 m3/s para vertedero 1 que representa el río Allipén.*

CALCULO DE CAUDAL POR MEDIO DE CORRENTOMETRO										
<b>Vertedero</b>	<b>1</b>			<b>con retencion en salida</b>						
Fecha:	10/12/2022			11 vuelta valbula grande		$N = \frac{U}{T}$		<b>Helice 85018-1</b>		
Hora:	16:30							<b>Coefficientes</b>		
Ancho =	5.130 m			$Q = \frac{\Sigma(q_1 + q_2)D}{2}$				a	0.0553	
Linimetro=	0.352 m			$V = 0.0553N + 0.0421$		$q = V.Y$		b	0.0421	
Salida=	0.12 m							U : número de revoluciones		
Punto	Medición	Factor altura desde abajo	Y (m)	Y parcial	T	U	N	V	V prom	q
1	1	0.25		0.030	40	47	1.18	0.107		
1	1	0.4	0.118	0.047	40	55	1.38	0.118	0.102	0.012
1	1	0.8		0.094	40	45	1.13	0.104		
1	2	0.25		0.030	40	49	1.23	0.110		
1	2	0.4	0.118	0.047	40	47	1.18	0.107	0.102	0.012
1	2	0.8		0.094	40	49	1.23	0.110		
2	1	0.2		0.032	40	29	0.73	0.082		
2	1	0.4	0.162	0.065	40	38	0.95	0.095	0.101	0.016
2	1	0.8		0.130	40	63	1.58	0.129		
2	2	0.2		0.032	40	18	0.45	0.067		
2	2	0.4	0.162	0.065	40	26	0.65	0.078	0.092	0.015
2	2	0.8		0.130	40	63	1.58	0.129		
3	1	0.2		0.031	40	29	0.73	0.082		
3	1	0.4	0.154	0.062	40	48	1.20	0.108	0.146	0.022
3	1	0.8		0.123	40	137	3.43	0.232		
3	2	0.2		0.031	40	29	0.73	0.082		
3	2	0.4	0.154	0.062	40	46	1.15	0.106	0.150	0.023
3	2	0.8		0.123	40	147	3.68	0.245		
4	1	0.26		0.029	40	176	4.40	0.285		
4	1	0.4	0.113	0.045	40	210	5.25	0.332	0.349	0.039
4	1	0.8		0.090	40	302	7.55	0.460		
4	2	0.26		0.029	40	174	4.35	0.283		
4	2	0.4	0.113	0.045	40	206	5.15	0.327	0.340	0.038
4	2	0.8		0.090	40	290	7.25	0.443		
5	1	0.36		0.030	40	438	10.95	0.648		
5	1	0.6	0.084	0.050	40	508	12.70	0.744	0.660	0.055
5	1	0.8		0.067	40	557	13.93	0.812		
5	2	0.36		0.030	40	444	11.10	0.656		
5	2	0.6	0.084	0.050	40	508	12.70	0.744	0.663	0.056
5	2	0.8		0.067	40	557	13.93	0.812		
6	1				40					
6	1		0.036		40				0.266	0.010
6	1	0.83		0.030	40	299	7.48	0.455		
6	2				40					
6	2		0.036		40				0.272	0.010
6	2	0.83		0.030	40	306	7.65	0.465		
Tramo	Distancia desde orilla	distancia tramo	q	Q	Linimetro	0.352	$Q = Cd h^{\frac{5}{2}}$			
1	0.182	0.182	0.012	0.001	alfa	90				
2	0.42	0.238	0.016	0.003	Cd	1.4				
3	0.701	0.281	0.023	0.005	<b>Q teorico</b>	<b>0.103 m3/s</b>				
4	1.069	0.368	0.039	0.011						
5	1.896	0.827	0.056	0.039						
6	2.903	1.007	0.010	0.033						
7	5.124	2.221		0.011						
<b>Q total</b>				<b>0.104 m3/s</b>						

Fuente: (Elaboración propia)



**Tabla 17.**

*Cálculo del caudal igual a 63 m<sup>3</sup>/s para vertedero 1 que representa el río Allipén*

CALCULO DE CAUDAL POR MEDIO DE CORRENTOMETRO											
Vertedero	1		sinn retencion en salida								
Fecha:	13/10/2022		4 vuelta valvula grande			$N = \frac{U}{T}$	Helice 85018-1				
Hora:	11:13						Coeficientes				
Ancho =	2.550 m		$Q = \frac{\Sigma(q_1 + q_2)D}{2}$				a	0.0553			
Linimetro=	0.266 m		$V = 0.0553N + 0.0421$			$q = V.Y$	b	0.0421			
Salida=	0.074 m						U : número de revoluciones				
Punto	Medición	Factor altura desde abajo	Y (m)	Y parcial	T	U	N	V	V prom	q	
1	1	0.34		0.029	40	220	5.50	0.3463			
1	1	0.55	0.085	0.047	40	246	6.15	0.3822	0.3336	0.028	
1	1	0.8		0.068	40	239	5.98	0.3725			
1	2	0.34		0.029	40	217	5.43	0.3421			
1	2	0.55	0.085	0.047	40	249	6.23	0.3863	0.3313	0.028	
1	2	0.8		0.068	40	235	5.88	0.3670			
2	1	0.24		0.030	40	276	6.90	0.4237			
2	1	0.5	0.123	0.062	40	281	7.03	0.4306	0.4220	0.052	
2	1	0.8		0.098	40	321	8.03	0.4859			
2	2	0.24		0.030	40	274	6.85	0.4209			
2	2	0.5	0.123	0.062	40	278	6.95	0.4264	0.4175	0.051	
2	2	0.8		0.098	40	316	7.90	0.4790			
3	1	0.28		0.029	40	274	6.85	0.4209			
3	1	0.5	0.104	0.052	40	304	7.60	0.4624	0.4187	0.044	
3	1	0.8		0.083	40	308	7.70	0.4679			
3	2	0.28		0.029	40	265	6.63	0.4085			
3	2	0.5	0.104	0.052	40	295	7.38	0.4499	0.4105	0.043	
3	2	0.8		0.083	40	306	7.65	0.4651			
4	1				40						
4	1	0.45	0.065	0.029	40	355	8.88	0.5329	0.4959	0.032	
4	1	0.7		0.046	40	394	9.85	0.5868			
4	2				40						
4	2	0.45	0.065	0.029	40	361	9.03	0.5412	0.5009	0.033	
4	2	0.7		0.046	40	396	9.90	0.5896			
Tramo	Distancia desde orilla	distancia tramo	q	Q	Linimetro						
1	0.101	0.101	0.0283	0.001	alfa	0.266					
2	0.339	0.238	0.0516	0.010	Cd	90					
3	0.62	0.281	0.0431	0.013	Q teorico	1.4					
4	0.988	0.368	0.0324	0.014							
5	2.55	1.562		0.025							
<b>Q total</b>			<b>0.063 m<sup>3</sup>/s</b>								

$$Q = Cdh^{\frac{5}{2}}$$

Fuente: (Elaboración propia)

**Tabla 18.**

*Cálculo del caudal igual a 23 m<sup>3</sup>/s para vertedero 1 que representa el río Allipén*

CALCULO DE CAUDAL POR MEDIO DE CORRENTOMETRO										
Vertedero	1		sin retencion en salida					Helice		85018-1
Fecha:	13/10/2022		04 vuelta valbula grande			$N = \frac{U}{T}$		Coeficientes		
Hora:	15:31					$q = V.Y$		a		0.0553
Ancho =	2.000 m		$Q = \frac{\Sigma(q_1 + q_2)D}{2}$					b		0.0421
Linimetro=	0.168 m		$V = 0.0553N + 0.0421$					U :		número de revoluciones
Salida=	0.045 m									
Punto	Medición	Factor altura desde abajo	Y (m)	Y parcial	T	U	N	V	V prom	q
1	1			0.000	40					
1	1		0.045	0.000	40				0.2958	0.013
1	1	0.65		0.029	40	225	5.63	0.3532		
1	2			0.000	40					
1	2		0.045	0.000	40				0.2888	0.013
1	2	0.65		0.029	40	219	5.48	0.3449		
2	1	0.3		0.029	40	228	5.70	0.3573		
2	1	0.5	0.095	0.048	40	251	6.28	0.3891	0.3428	0.033
2	1	0.8		0.076	40	237	5.93	0.3698		
2	2	0.3		0.029	40	233	5.83	0.3642		
2	2	0.5	0.095	0.048	40	255	6.38	0.3946	0.3498	0.033
2	2	0.8		0.076	40	244	6.10	0.3794		
3	1			0.000	40					
3	1	0.35	0.083	0.029	40	98	2.45	0.1776	0.1686	0.014
3	1	0.6		0.050	40	107	2.68	0.1900		
3	2			0.000	40					
3	2	0.35	0.083	0.029	40	101	2.53	0.1817	0.1745	0.014
3	2	0.6		0.050	40	113	2.83	0.1983		
Tramo	Distancia desde orilla	distancia tramo	q	Q						
1	0.062	0.062	0.0132	0.000	Linimetro	0.168				
2	0.3	0.238	0.0329	0.005	alfa	90				$Q = Cd h^{\frac{5}{2}}$
3	0.581	0.281	0.0142	0.007	Cd	1.4				
4	2	1.419		0.010	Q teorico	0.016 m <sup>3</sup> /s				
5				0.000						
<b>Q total</b>				<b>0.023 m<sup>3</sup>/s</b>						

Fuente: (Elaboración propia)





**Tabla 20.**

*Cálculo del caudal igual a 22 m3/s para vertedero 1 que representa el río Allipén*

**CALCULO DE CAUDAL POR MEDIO DE CORRENTOMETRO**

Vertedero **1** con retención en salida  
 Fecha: 10/12/2022  
 Hora: 11:47  
 Ancho = 1.980 m  
 Linimetro = 0.176 m

$Q = \frac{\Sigma(q_1 + q_2)D}{2}$

$V = 0.0553N + 0.0421$

$N = \frac{U}{T}$   
 $q = V \cdot Y$

Helice **84027-3**  
 Coeficientes  
 a 0.2492  
 b 0.0239  
 U : número de revoluciones

Punto	Medición	Factor altura desde abajo	Y (m)	Y parcial	T	U	N	V	V prom	q
1	1				40					
1	1		0.051		40				0.222	0.011
1	1	0.6		0.031	40	47	1.18	0.317		
1	2				40					
1	2		0.051		40				0.217	0.011
1	2	0.6		0.031	40	46	1.15	0.310		
2	1				40					
2	1	0.4	0.096	0.038	40	55	1.38	0.367	0.327	0.031
2	1	0.6		0.058	40	54	1.35	0.360		
2	2				40					
2	2	0.4	0.096	0.038	40	57	1.43	0.379	0.338	0.032
2	2	0.6		0.058	40	56	1.40	0.373		
3	1				40					
3	1	0.4	0.081	0.032	40	26	0.65	0.186	0.161	0.013
3	1	0.6		0.049	40	24	0.60	0.173		
3	2	0.2		0.016	40					
3	2	0.4	0.081	0.032	40	29	0.73	0.205	0.179	0.014
3	2	0.7		0.057	40	27	0.68	0.192		
4	1				40					
4	1		0.036		40				0.298	0.011
4	1	0.8		0.029	40	56	1.40	0.373		
4	2				40					
4	2		0.036		40				0.308	0.011
4	2	0.8		0.029	40	58	1.45	0.385		
5	1				40					
5	1		0.011		40					
5	1				40					
5	2				40					
5	2		0.011		40					
5	2				40					

Tramo	Distancia desde orilla	distancia tramo	q	Q	Linimetro	0.176	$Q = Cdh^{\frac{5}{2}}$
1	0.06	0.06	0.0112	0.0003	alfa	90	
2	0.298	0.238	0.0319	0.0051	Cd	1.4	
3	0.579	0.281	0.0138	0.0064	<b>Q teorico</b>	<b>0.018 m3/s</b>	
4	0.947	0.368	0.0109	0.0045			
5	1.98	1.033		0.0056			
<b>Q total</b>				<b>0.022 m3/s</b>			

Fuente: (Elaboración propia)

**Tabla 21.**

*Cálculo del caudal igual a 42 m<sup>3</sup>/s para vertedero 2 que representa el río Toltén.*

CALCULO DE CAUDAL POR MEDIO DE CORRENTOMETRO										
Vertedero	2		<b>COMPUERTAS ABIERTAS</b>					<b>Helice 85018-1</b>		
Fecha:	25/08/2022		$Q = \frac{\sum(q_1 + q_2)D}{2}$ $V = 0.0553N + 0.0421$			$N = \frac{U}{T}$ $q = V.Y$		Coeficientes		
Hora:	11:47							a	0.0553	
Ancho =	2.460 m							b	0.0421	
Linimetro=	0.296 m							U : número de revoluciones		
Punto	Medición	Factor altura desde abajo	Y (m)	Y parcial	T	U	N	V	V prom	q
1	1			0.000	40		0.00			
1	1	0.5	0.067	0.034	40	104	2.60	0.186	0.178	0.012
1	1	0.8		0.054	40	136	3.40	0.230		
1	2	0		0.000	40		0.00			
1	2	0.5	0.067	0.034	40	107	2.68	0.190	0.179	0.012
1	2	0.8		0.054	40	134	3.35	0.227		
2	1	0.3		0.035	40	175	4.38	0.284		
2	1	0.5	0.115	0.058	40	194	4.85	0.310	0.274	0.032
2	1	0.8		0.092	40	185	4.63	0.298		
2	2	0.3		0.035	40	183	4.58	0.295		
2	2	0.5	0.115	0.058	40	200	5.00	0.319	0.278	0.032
2	2	0.8		0.092	40	182	4.55	0.294		
3	1	0.3		0.030	40	251	6.28	0.389		
3	1	0.5	0.1	0.050	40	258	6.45	0.399	0.374	0.037
3	1	0.8		0.080	40	275	6.88	0.422		
3	2	0.3		0.030	40	247	6.18	0.384		
3	2	0.5	0.1	0.050	40	260	6.50	0.402	0.372	0.037
3	2	0.8		0.080	40	273	6.83	0.420		
4	1	0		0.000	40		0.00			
4	1	0.55	0.057	0.031	40	267	6.68	0.411	0.364	0.021
4	1	0.85		0.048	40	289	7.23	0.442		
4	2	0		0.000	40		0.00			
4	2	0.55	0.057	0.031	40	273	6.83	0.420	0.367	0.021
4	2	0.85		0.048	40	286	7.15	0.437		
5			0.027							
Tramo	Distancia desde orilla	distancia tramo	q	Q	Linimetro	0.296				
1	0.085	0.085	0.0120	0.0005	alfa	60				
2	0.323	0.238	0.0318	0.0052	Cd	0.819				
3	0.604	0.281	0.0373	0.0097	<b>Q teorico</b>	<b>0.039 m<sup>3</sup>/s</b>				
4	0.972	0.368	0.0208	0.0107	$Q = Cdh^{\frac{5}{2}}$					
5	2.459	1.487		0.0155						
<b>Q total</b>				<b>0.042 m<sup>3</sup>/s</b>						

Fuente: (Elaboración propia)

**Tabla 22.**

*Cálculo del caudal igual a 36 m<sup>3</sup>/s para vertedero 2 que representa el río Toltén.*

CALCULO DE CAUDAL POR MEDIO DE CORRENTOMETRO										
Vertedero	2		<b>COMPUERTAS CERRADAS</b>					<b>Helice 85018-1</b>		
Fecha:	25/08/2022		$Q = \frac{\Sigma(q_1 + q_2)D}{2}$ $V = 0.0553N + 0.0421$			$N = \frac{U}{T}$ $q = V.Y$		<b>Coefficientes</b> a 0.0553 b 0.0421		
Hora:	11:47							U : número de revoluciones		
Ancho =	2.890 m									
Linimetro=	0.296 m									
Punto	Medición	Factor altura desde abajo	Y (m)	Y parcial	T	U	N	V	V prom	q
1	1	0.4		0.033	40	34	0.85	0.089		
1	1	0.65	0.082	0.053	40	26	0.65	0.078	0.073	0.006
1	1	0.85		0.070	40	20	0.50	0.070		
1	2	0.4		0.033	40	34	0.85	0.089		
1	2	0.65	0.082	0.053	40	31	0.78	0.085	0.075	0.006
1	2	0.85		0.070	40	23	0.58	0.074		
2	1	0.25		0.033	40	80	2.00	0.153		
2	1	0.5	0.13	0.065	40	63	1.58	0.129	0.137	0.018
2	1	0.8		0.104	40	81	2.03	0.154		
2	2	0.25		0.033	40	81	2.03	0.154		
2	2	0.5	0.13	0.065	40	61	1.53	0.126	0.141	0.018
2	2	0.8		0.104	40	90	2.25	0.167		
3	1	0.3		0.035	40	127	3.18	0.218		
3	1	0.5	0.115	0.058	40	180	4.50	0.291	0.249	0.029
3	1	0.8		0.092	40	187	4.68	0.301		
3	2	0.3		0.035	40	134	3.35	0.227		
3	2	0.5	0.115	0.058	40	181	4.53	0.292	0.252	0.029
3	2	0.8		0.092	40	187	4.68	0.301		
4	1	0.45		0.032	40	169	4.23			
4	1	0.65	0.072	0.047	40	178	4.45	0.288	0.243	0.017
4	1	0.85		0.061	40	182	4.55	0.294		
4	2	0.45		0.032	40	169	4.23			
4	2	0.65	0.072	0.047	40	180	4.50	0.291	0.246	0.018
4	2	0.85		0.061	40	188	4.70	0.302		
5	1			0.000	40		0.00			
5	1		0.043	0.000	40		0.00		0.256	0.011
5	1	0.7		0.030	40	194	4.85	0.310		
5	2			0.000	40		0.00			
5	2		0.043	0.000	40		0.00		0.261	0.011
5	2	0.7		0.030	40	198	4.95	0.316		
Tramo	Distancia desde orilla	distancia tramo	q	Q	Linimetro					
1	0.124	0.124	0.0061	0.0004	0.296					
2	0.362	0.238	0.0181	0.0029	alfa 60					
3	0.643	0.281	0.0288	0.0066	Cd 0.819					
4	1.011	0.368	0.0176	0.0085	Q teorico 0.039 m3/s					
5	1.838	0.827	0.0111	0.0119						
6	2.89	1.052		0.0058						
<b>Q total</b>				<b>0.036 m3/s</b>						

Fuente: (Elaboración propia)

**Tabla 23.**

*Cálculo del caudal igual a 25 m<sup>3</sup>/s para vertedero 2 que representa el río Toltén.*

CALCULO DE CAUDAL POR MEDIO DE CORRENTOMETRO												
<b>Vertedero</b>	<b>2</b>		<b>COMPUERTAS ABIERTAS</b>				<b>Helice 85018-1</b>					
Fecha:	09/11/2022		$Q = \frac{\Sigma(q_1 + q_2)D}{2}$ $V = 0.0553N + 0.0421$				$q = V.Y$		<b>Coefficientes</b>			
Hora:	13:00						$N = \frac{U}{T}$		<b>a</b> 0.0553 <b>b</b> 0.0421			
Ancho =	2.120 m											
Linimetro=	0.240 m										U : número de revoluciones	
Punto	Medición	Factor altura desde abajo	Y (m)	Y parcial	T	U	N	V	V prom	q		
1	1			0.000	40		0.00					
1	1	0.55	0.054	0.030	40	86	2.15	0.161	0.142	0.008		
1	1	0.8		0.043	40	93	2.33	0.171				
1	2	0		0.000	40		0.00					
1	2	0.55	0.054	0.030	40	91	2.28	0.168	0.146	0.008		
1	2	0.8		0.043	40	94	2.35	0.172				
2	1	0.3		0.032	40	145	3.63	0.243				
2	1	0.5	0.105	0.053	40	152	3.80	0.252	0.235	0.025		
2	1	0.8		0.084	40	161	4.03	0.265				
2	2	0.3		0.032	40	147	3.68	0.245				
2	2	0.5	0.105	0.053	40	157	3.93	0.259	0.240	0.025		
2	2	0.8		0.084	40	167	4.18	0.273				
3	1	0.35		0.031	40	221	5.53	0.348				
3	1	0.55	0.088	0.048	40	230	5.75	0.360	0.329	0.029		
3	1	0.8		0.070	40	240	6.00	0.374				
3	2	0.35		0.031	40	219	5.48	0.345				
3	2	0.55	0.088	0.048	40	228	5.70	0.357	0.330	0.029		
3	2	0.8		0.070	40	246	6.15	0.382				
4	1			0.000	40		0.00					
4	1		0.043	0.000	40		0.00		0.246	0.011		
4	1	0.7		0.030	40	185	4.63	0.298				
4	2			0.000	40		0.00					
4	2		0.043	0.000	40		0.00		0.249	0.011		
4	2	0.7		0.030	40	188	4.70	0.302				
5			0.016									
Tramo	Distancia desde orilla	distancia tramo	q	Q	Linimetro							
1	0.067	0.067	0.0078	0.0003	0.240							
2	0.305	0.238	0.0249	0.0039	60							
3	0.586	0.281	0.0290	0.0076	819							
4	0.954	0.368	0.0106	0.0073	0.819							
5	2.12	1.166		0.0062	0.240							
<b>Q total</b>				<b>0.025 m<sup>3</sup>/s</b>								

$$Q = Cd h^{\frac{5}{2}}$$

**Q teorico 0.023 m<sup>3</sup>/s**

Fuente: (Elaboración propia)

**Tabla 24.**

*Cálculo del caudal igual a 23 m<sup>3</sup>/s para vertedero 2 que representa el río Toltén.*

CALCULO DE CAUDAL POR MEDIO DE CORRENTOMETRO										
Vertedero	2		<b>COMPUERTAS CERRADAS</b>					Helice <b>85018-1</b>		
Fecha:	09/11/2022		$Q = \frac{\sum(q_1 + q_2)D}{2}$ $V = 0.0553N + 0.0421$			$N = \frac{U}{T}$ $q = V.Y$		Coeficientes		
Hora:	13:45							a	0.0553	
Ancho =	2.300 m							b	0.0421	
Linimetro=	0.240 m							U : número de revoluciones		
Punto	Medición	Factor altura desde abajo	Y (m)	Y parcial	T	U	N	V	V prom	q
1	1			0.000	40		0.00	0.042		
1	1	0.5	0.062	0.031	40	31	0.78	0.085	0.076	0.005
1	1	0.85		0.053	40	34	0.85	0.089		
1	2			0.000	40		0.00	0.042		
1	2	0.5	0.062	0.031	40	34	0.85	0.089	0.078	0.005
1	2	0.85		0.053	40	36	0.90	0.092		
2	1	0.3		0.033	40	77	1.93	0.149		
2	1	0.5	0.109	0.055	40	85	2.13	0.160	0.159	0.017
2	1	0.8		0.087	40	115	2.88	0.201		
2	2	0.3		0.033	40	72	1.80	0.142		
2	2	0.5	0.109	0.055	40	90	2.25	0.167	0.160	0.017
2	2	0.8		0.087	40	120	3.00	0.208		
3	1	0.35		0.033	40	178	4.45	0.288		
3	1	0.55	0.094	0.052	40	183	4.58	0.295	0.274	0.026
3	1	0.8		0.075	40	199	4.98	0.317		
3	2	0.35		0.033	40	179	4.48	0.290		
3	2	0.55	0.094	0.052	40	188	4.70	0.302	0.278	0.026
3	2	0.8		0.075	40	204	5.10	0.324		
4	1			0.000	40		0.00			
4	1	0.6	0.05	0.030	40	138	3.45	0.233	0.208	0.010
4	1	0.8		0.040	40	163	4.08	0.267		
4	2			0.000	40		0.00			
4	2	0.6	0.05	0.030	40	139	3.48	0.234	0.209	0.010
4	2	0.8		0.040	40	163	4.08	0.267		
Tramo	Distancia desde orilla	distancia tramo	q	Q	Linimetro	0.240				
1	0.084	0.084	0.0048	0.0002	alfa	60	$Q = Cd h^{\frac{5}{2}}$			
2	0.322	0.238	0.0174	0.0026	Cd	0.819				
3	0.603	0.281	0.0260	0.0061	<b>Q teorico</b>	<b>0.023 m3/s</b>				
4	0.971	0.368	0.0104	0.0067						
5	2.3	1.329		0.0069						
<b>Q total</b>				<b>0.023 m3/s</b>						

Fuente: (Elaboración propia)

**Tabla 25.**

*Cálculo del caudal igual a 12 m<sup>3</sup>/s para vertedero 2 que representa el río Toltén.*

CALCULO DE CAUDAL POR MEDIO DE CORRENTOMETRO										
Vertedero	2		<b>COMPUERTAS ABIERTAS</b>					Helice		85018-1
Fecha:	10/11/2022		$Q = \frac{\Sigma(q_1 + q_2)D}{2}$ $V = 0.0553N + 0.0421$			$N = \frac{U}{T}$ $q = V.Y$		Coeficientes		
Hora:	10:25									
Ancho =	1.660 m							a	0.0553	
Linimetro=	0.146 m							b	0.0421	
								U : número de revoluciones		
Punto	Medición	Factor altura desde abajo	Y (m)	Y parcial	T	U	N	V	V prom	q
1	1			0.000	40		0.00			
1	1		0.038	0.000	40		0.00		0.077	0.003
1	1	0.8		0.030	40	39	0.98	0.096		
1	2	0		0.000	40		0.00			
1	2	0	0.038	0.000	40		0.00		0.083	0.003
1	2	0.8		0.030	40	45	1.13	0.104		
2	1	0.35		0.029	40	145	3.63	0.243		
2	1	0.55	0.083	0.046	40	160	4.00	0.263	0.246	0.020
2	1	0.8		0.066	40	190	4.75	0.305		
2	2	0.35		0.029	40	147	3.68	0.245		
2	2	0.55	0.083	0.046	40	156	3.90	0.258	0.249	0.021
2	2	0.8		0.066	40	197	4.93	0.314		
3	1			0.000	40		0.00			
3	1	0.45	0.067	0.030	40	34	0.85	0.089	0.124	0.008
3	1	0.8		0.054	40	121	3.03	0.209		
3	2	0		0.000	40		0.00			
3	2	0.45	0.067	0.030	40	37	0.93	0.093	0.130	0.009
3	2	0.8		0.054	40	128	3.20	0.219		
4			0.023							
Tramo	Distancia desde orilla	distancia tramo	q	Q	Linimetro					
1	0.035	0.035	0.0030	0.0001	0.146					
2	0.273	0.238	0.0206	0.0028	60					
3	0.554	0.281	0.0085	0.0041	0.819					
4	1.659	1.105		0.0047	0.007 m <sup>3</sup> /s					
<b>Q total</b>				<b>0.012 m<sup>3</sup>/s</b>						

$$Q = Cd h^{\frac{5}{2}}$$

Fuente: (Elaboración propia)

**Tabla 26.**

*Cálculo del caudal igual a 12 m<sup>3</sup>/s para vertedero 2 que representa el río Toltén.*

CALCULO DE CAUDAL POR MEDIO DE CORRENTOMETRO										
Vertedero	2		<b>COMPUERTAS CERRADAS</b>					Helice		85018-1
Fecha:	10/11/2022		$Q = \frac{\Sigma(q_1 + q_2)D}{2}$ $V = 0.0553N + 0.0421$			$N = \frac{U}{T}$ $q = V.Y$		Coeficientes		
Hora:	11:20							a	0.0553	
Ancho =	1.910 m							b	0.0421	
Linimetro=	0.146 m							U : número de revoluciones		
Punto	Medición	Factor altura desde abajo	Y (m)	Y parcial	T	U	N	V	V prom	q
1	1			0.000	40		0.00			
1	1	0.6	0.049	0.029	40	36	0.90	0.092	0.083	0.004
1	1	0.8		0.039	40	48	1.20	0.108		
1	2	0		0.000	40		0.00			
1	2	0.6	0.049	0.029	40	32	0.80	0.086	0.081	0.004
1	2	0.8		0.039	40	51	1.28	0.113		
2	1	0.3		0.029	40	80	2.00	0.153		
2	1	0.6	0.096	0.058	40	123	3.08	0.212	0.176	0.017
2	1	0.8		0.077	40	127	3.18	0.218		
2	2	0.3		0.029	40	73	1.83	0.143		
2	2	0.6	0.096	0.058	40	124	3.10	0.214	0.173	0.017
2	2	0.8		0.077	40	129	3.23	0.220		
3	1	0.4		0.031	40	65	1.63	0.132		
3	1	0.6	0.078	0.047	40	50	1.25	0.111	0.117	0.009
3	1	0.8		0.062	40	70	1.75	0.139		
3	2	0.4		0.031	40	68	1.70	0.136		
3	2	0.6	0.078	0.047	40	50	1.25	0.111	0.119	0.009
3	2	0.8		0.062	40	72	1.80	0.142		
4	1			0.000	40		0.00			
4	1		0.035	0.000	40		0.00			0.000
4	1	0.85		0.030	40	0	0.00	0.042		
4	2			0.000	40		0.00			
4	2		0.035	0.000	40		0.00			0.000
4	2	0.85		0.030	40	0	0.00	0.042		
5			0.016							
Tramo	Distancia desde orilla	distancia tramo	q	Q	Linimetro					
1	0.055	0.055	0.0040	0.0001	0.146					
2	0.293	0.238	0.0167	0.0025	60	$Q = Cd h^{\frac{5}{2}}$				
3	0.574	0.281	0.0092	0.0036	0.819					
4	1.909	1.335		0.0061	Q teorico	0.007 m <sup>3</sup> /s				
<b>Q total</b>				<b>0.012 m<sup>3</sup>/s</b>						

Fuente: (Elaboración propia)

**Tabla 27.**

*Cálculo del caudal igual a 60 m<sup>3</sup>/s para vertedero 2 que representa el río Toltén.*

CALCULO DE CAUDAL POR MEDIO DE CORRENTOMETRO										
Vertedero	2		<b>COMPUERTAS CERRADAS</b>					Helice <b>85018-1</b>		
Fecha:	10/11/2022		$Q = \frac{\Sigma(q_1 + q_2)D}{2}$ $V = 0.0553N + 0.0421$			$N = \frac{U}{T}$ $q = V \cdot Y$		Coeficientes		
Hora:	12:40							a	0.0553	b
Ancho =	2.710 m		U : número de revoluciones							
Linimetro=	0.360 m									
Punto	Medición	Factor altura desde abajo	Y (m)	Y parcial	T	U	N	V	V prom	q
1	1	0.35		0.029	40	160	4.00	0.263		
1	1	0.65	0.084	0.055	40	177	4.43	0.287	0.249	0.021
1	1	0.85		0.071	40	168	4.20	0.274		
1	2	0.35		0.029	40	162	4.05	0.266		
1	2	0.65	0.084	0.055	40	176	4.40	0.285	0.249	0.021
1	2	0.85		0.071	40	167	4.18	0.273		
2	1	0.25		0.034	40	212	5.30	0.335		
2	1	0.5	0.134	0.067	40	237	5.93	0.370	0.351	0.047
2	1	0.8		0.107	40	268	6.70	0.413		
2	2	0.25		0.034	40	208	5.20	0.330		
2	2	0.5	0.134	0.067	40	238	5.95	0.371	0.347	0.047
2	2	0.8		0.107	40	263	6.58	0.406		
3	1	0.25		0.030	40	252	6.30	0.390		
3	1	0.5	0.119	0.060	40	283	7.08	0.433	0.393	0.047
3	1	0.8		0.095	40	284	7.10	0.435		
3	2	0.25		0.030	40	257	6.43	0.397		
3	2	0.5	0.119	0.060	40	281	7.03	0.431	0.394	0.047
3	2	0.8		0.095	40	283	7.08	0.433		
4	1	0.4		0.029	40	253	6.33			
4	1	0.6	0.073	0.044	40	292	7.30	0.446	0.379	0.028
4	1	0.8		0.058	40	293	7.33	0.447		
4	2	0.4		0.029	40	248	6.20			
4	2	0.6	0.073	0.044	40	293	7.33	0.447	0.382	0.028
4	2	0.8		0.058	40	298	7.45	0.454		
5	1			0.000	40		0.00			
5	1		0.04	0.000	40		0.00		0.351	0.014
5	1	0.8		0.032	40	287	7.18	0.439		
5	2			0.000	40		0.00			
5	2		0.04	0.000	40		0.00		0.351	0.014
5	2	0.8		0.032	40	287	7.18	0.439		
Tramo	Distancia desde orilla	distancia tramo	q	Q	Linimetro	0.360	$Q = Cd h^{\frac{5}{2}}$			
1	0.108	0.108	0.0209	0.0011	alfa	60				
2	0.346	0.238	0.0468	0.0081	Cd	0.819				
3	0.627	0.281	0.0469	0.0132	<b>Q teorico</b>	<b>0.064 m<sup>3</sup>/s</b>				
4	0.995	0.368	0.0278	0.0137						
5	2.71	1.715		0.0238						
6										
<b>Q total</b>				<b>0.060 m<sup>3</sup>/s</b>						

Fuente: (Elaboración propia)



**Tabla 28.**

*Cálculo del caudal igual a 71 m<sup>3</sup>/s para vertedero 2 que representa el río Toltén.*

CALCULO DE CAUDAL POR MEDIO DE CORRENTOMETRO										
Vertedero	2		<b>COMPUERTAS CERRADAS</b>					<b>Helice 85018-1</b>		
Fecha:	10/11/2022		$Q = \frac{\Sigma(q_1 + q_2)D}{2}$ $V = 0.0553N + 0.0421$			$N = \frac{U}{T}$ $q = V.Y$		Coeficientes		
Hora:	12:40							a	0.0553	
Ancho =	5.110 m							b	0.0421	
Linimetro=	0.360 m							U : número de revoluciones		
Punto	Medición	Factor altura desde abajo	Y (m)	Y parcial	T	U	N	V	V prom	q
1	1	0.3		0.034	40	17	0.43	0.066		
1	1	0.6	0.114	0.068	40	15	0.38	0.063	0.053	0.006
1	1	0.8		0.091	40	0	0.00	0.042		
1	2	0.3		0.034	40	13	0.33	0.060		
1	2	0.6	0.114	0.068	40	15	0.38	0.063	0.051	0.006
1	2	0.8		0.091	40	0	0.00	0.042		
2	1	0.2		0.031	40	6	0.15	0.050		
2	1	0.5	0.157	0.079	40	14	0.35	0.061	0.058	0.009
2	1	0.8		0.126	40	21	0.53	0.071		
2	2	0.2		0.031	40	5	0.13	0.049		
2	2	0.5	0.157	0.079	40	15	0.38	0.063	0.061	0.010
2	2	0.8		0.126	40	26	0.65	0.078		
3	1	0.25		0.036	40	33	0.83	0.088		
3	1	0.5	0.144	0.072	40	50	1.25	0.111	0.131	0.019
3	1	0.8		0.115	40	121	3.03	0.209		
3	2	0.25		0.036	40	37	0.93	0.093		
3	2	0.5	0.144	0.072	40	53	1.33	0.115	0.135	0.019
3	2	0.8		0.115	40	122	3.05	0.211		
4	1	0.3		0.030	40	158	3.95	0.261		
4	1	0.6	0.1	0.060	40	212	5.30	0.335	0.285	0.028
4	1	0.8		0.080	40	219	5.48	0.345		
4	2	0.3		0.030	40	158	3.95	0.261		
4	2	0.6	0.1	0.060	40	218	5.45	0.343	0.290	0.029
4	2	0.8		0.080	40	226	5.65	0.355		
5	1	0.4		0.030	40	188	4.70	0.302		
5	1	0.6	0.075	0.045	40	202	5.05	0.321	0.285	0.021
5	1	0.8		0.060	40	210	5.25	0.332		
5	2	0.4		0.030	40	188	4.70	0.302		
5	2	0.6	0.075	0.045	40	208	5.20	0.330	0.289	0.022
5	2	0.8		0.060	40	216	5.40	0.341		
6	1			0.000	40		0.00			
6	1		0.033	0.000	40		0.00		0.037	0.001
6	1	0.9		0.030	40	4	0.10	0.048		
6	2			0.000	40		0.00			
6	2		0.033	0.000	40		0.00		0.038	0.001
6	2	0.9		0.030	40	5	0.13	0.049		
Tramo	Distancia desde orilla	distancia tramo	q	Q	Linimetro	0.360				
1	0.167	0.167	0.0059	0.0005	alfa	60	$Q = Cd k^{\frac{5}{2}}$			
2	0.405	0.238	0.0094	0.0018	Cd	0.819				
3	0.686	0.281	0.0191	0.0040	<b>Q teorico</b>	<b>0.064 m<sup>3</sup>/s</b>				
4	1.054	0.368	0.0287	0.0088						
5	1.881	0.827	0.0215	0.0208						
6	5.109	3.228		0.0347						
<b>Q total</b>				<b>0.071 m<sup>3</sup>/s</b>						

Fuente: (Elaboración propia)

**Tabla 29.**

*Cálculo del caudal igual a 68 m<sup>3</sup>/s para vertedero 2 que representa el río Toltén.*

CALCULO DE CAUDAL POR MEDIO DE CORRENTOMETRO										
Vertedero	2		<b>COMPUERTAS CERRADAS</b>				Helice <b>85018-1</b>			
Fecha:	11/11/2022		$Q = \frac{\Sigma(q_1 + q_2)D}{2}$ $V = 0.0553N + 0.0421$				Coeficientes			
Hora:	12:50						$N = \frac{U}{T}$ $q = V.Y$			
Ancho =	5.155 m						U : número de revoluciones			
Linimetro=	0.395 m									
Punto	Medición	Factor altura desde abajo	Y (m)	Y parcial	T	U	N	V	V prom	q
1	1	0.25		0.032	40	20	0.50	0.070		
1	1	0.6	0.126	0.076	40	4	0.10	0.048	0.053	0.007
1	1	0.8		0.101	40	5	0.13	0.049		
1	2	0.25		0.032	40	25	0.63	0.077		
1	2	0.6	0.126	0.076	40	4	0.10	0.048	0.056	0.007
1	2	0.8		0.101	40	6	0.15	0.050		
2	1	0.2		0.034	40	25	0.63	0.077		
2	1	0.5	0.17	0.085	40	4	0.10	0.048	0.063	0.011
2	1	0.8		0.136	40	23	0.58	0.074		
2	2	0.2		0.034	40	26	0.65	0.078		
2	2	0.5	0.17	0.085	40	6	0.15	0.050	0.065	0.011
2	2	0.8		0.136	40	24	0.60	0.075		
3	1	0.2		0.032	40	5	0.13	0.049		
3	1	0.5	0.159	0.080	40	25	0.63	0.077	0.066	0.010
3	1	0.8		0.127	40	27	0.68	0.079		
3	2	0.2		0.032	40	4	0.10	0.048		
3	2	0.5	0.159	0.080	40	27	0.68	0.079	0.067	0.011
3	2	0.8		0.127	40	29	0.73	0.082		
4	1	0.3		0.036	40	86	2.15	0.161		
4	1	0.5	0.12	0.060	40	102	2.55	0.183	0.173	0.021
4	1	0.8		0.096	40	125	3.13	0.215		
4	2	0.3		0.036	40	80	2.00	0.153		
4	2	0.5	0.12	0.060	40	108	2.70	0.191	0.178	0.021
4	2	0.8		0.096	40	136	3.40	0.230		
5	1	0.35		0.034	40	209	5.23	0.331		
5	1	0.6	0.096	0.058	40	215	5.38	0.339	0.318	0.030
5	1	0.8		0.077	40	242	6.05	0.377		
5	2	0.35		0.034	40	205	5.13	0.326		
5	2	0.6	0.096	0.058	40	220	5.50	0.346	0.318	0.031
5	2	0.8		0.077	40	245	6.13	0.381		
6	1			0.000	40		0.00			
6	1	0.55	0.056	0.031	40	145	3.63	0.243	0.216	0.012
6	1	0.8		0.045	40	160	4.00	0.263		
6	2			0.000	40		0.00			
6	2	0.55	0.056	0.031	40	147	3.68	0.245	0.219	0.012
6	2	0.8		0.045	40	163	4.08	0.267		

Tramo	Distancia desde orilla	distancia tramo	q	Q
1	0.213	0.213	0.0069	0.0007
2	0.451	0.238	0.0109	0.0021
3	0.732	0.281	0.0105	0.0030
4	1.1	0.368	0.0211	0.0058
5	1.927	0.827	0.0305	0.0213
6	2.934	1.007	0.0122	0.0215
7	5.155	2.221		0.0135
<b>Q total</b>				<b>0.068 m<sup>3</sup>/s</b>

Linimetro	0.395	$Q = Cd h^{\frac{5}{2}}$
alfa	60	
Cd	0.819	
<b>Q teorico</b>	<b>0.080 m<sup>3</sup>/s</b>	

Fuente: (Elaboración propia)

**Tabla 30.**

*Cálculo del caudal igual a 103 m3/s para vertedero 2 que representa el río Toltén.*

CALCULO DE CAUDAL POR MEDIO DE CORRENTOMETRO										
Vertedero	2		<b>COMPUERTAS ABIERTAS</b>					Helice		85018-1
Fecha:	11/11/2022		$Q = \frac{\Sigma(q_1 + q_2)D}{2}$ $V = 0.0553N + 0.0421$			$N = \frac{U}{T}$ $q = V.Y$		Coeficientes		
Hora:	11:25							a	0.0553	
Ancho =	5.080 m							b	0.0421	
Linimetro=	0.395 m							U : número de revoluciones		
Punto	Medición	Factor altura desde abajo	Y (m)	Y parcial	T	U	N	V	V prom	q
1	1	0.35		0.032	40	119	2.98	0.207		
1	1	0.55	0.092	0.051	40	140	3.50	0.236	0.215	0.020
1	1	0.8		0.074	40	164	4.10	0.269		
1	2	0.35		0.032	40	123	3.08	0.212		
1	2	0.55	0.092	0.051	40	142	3.55	0.238	0.217	0.020
1	2	0.8		0.074	40	162	4.05	0.266		
2	1	0.25		0.035	40	239	5.98	0.373		
2	1	0.55	0.14	0.077	40	284	7.10	0.435	0.392	0.055
2	1	0.8		0.112	40	296	7.40	0.451		
2	2	0.25		0.035	40	241	6.03	0.375		
2	2	0.55	0.14	0.077	40	279	6.98	0.428	0.392	0.055
2	2	0.8		0.112	40	299	7.48	0.455		
3	1	0.25		0.032	40	287	7.18	0.439		
3	1	0.55	0.128	0.070	40	311	7.78	0.472	0.441	0.056
3	1	0.8		0.102	40	333	8.33	0.502		
3	2	0.25		0.032	40	291	7.28	0.444		
3	2	0.55	0.128	0.070	40	310	7.75	0.471	0.441	0.056
3	2	0.8		0.102	40	329	8.23	0.497		
4	1	0.4		0.033	40	270	6.75	0.415		
4	1	0.6	0.082	0.049	40	275	6.88	0.422	0.384	0.031
4	1	0.8		0.066	40	291	7.28	0.444		
4	2	0.4		0.033	40	270	6.75	0.415		
4	2	0.6	0.082	0.049	40	278	6.95	0.426	0.385	0.032
4	2	0.8		0.066	40	292	7.30	0.446		
5	1			0.000	40		0.00			
5	1	0.6	0.054	0.032	40	332	8.30	0.501	0.433	0.023
5	1	0.8		0.043	40	348	8.70	0.523		
5	2			0.000	40		0.00			
5	2	0.6	0.054	0.032	40	337	8.43	0.508	0.438	0.024
5	2	0.8		0.043	40	353	8.83	0.530		
Tramo	Distancia desde orilla	distancia tramo	q	Q	Linimetro	0.395				
1	0.138	0.138	0.0199	0.0014	alfa	60	$Q = Cd h^{\frac{5}{2}}$			
2	0.376	0.238	0.0549	0.0089	Cd	0.819				
3	0.657	0.281	0.0565	0.0156	Q teorico	0.080 m3/s				
4	1.025	0.368	0.0315	0.0162						
5	1.852	0.827	0.0235	0.0228						
6	5.08	3.228		0.0380						
<b>Q total</b>				<b>0.103 m3/s</b>						

Fuente: (Elaboración propia)

**Tabla 31.**

*Cálculo del caudal igual a 18 m<sup>3</sup>/s para vertedero 2 que representa el río Toltén.*

CALCULO DE CAUDAL POR MEDIO DE CORRENTOMETRO										
Vertedero	2		<b>COMPUERTAS ABIERTAS</b>					<b>Helice 85018-1</b>		
Fecha:	11/11/2022		$Q = \frac{\Sigma(q_1 + q_2)D}{2}$ $V = 0.0553N + 0.0421$			$N = \frac{U}{T}$ $q = V.Y$		Coeficientes		
Hora:	15:30:00 PM							a	0.0553	b
Ancho =	1.9. m									
Linimetro=	0.200 m									
U : número de revoluciones										
Punto	Medición	Factor altura desde abajo	Y (m)	Y parcial	T	U	N	V	V prom	q
1	1			0.000	40		0.00			
1	1	0.65	0.047	0.031	40	97	2.43	0.176	0.129	0.006
1	1	0.8		0.038	40	49	1.23	0.110		
1	2			0.000	40		0.00			
1	2	0.65	0.047	0.031	40	96	2.40	0.175	0.129	0.006
1	2	0.8		0.038	40	51	1.28	0.113		
2	1	0.3		0.029	40	136	3.40	0.230		
2	1	0.55	0.097	0.053	40	161	4.03	0.265	0.241	0.023
2	1	0.8		0.078	40	179	4.48	0.290		
2	2	0.3		0.029	40	138	3.45	0.233		
2	2	0.55	0.097	0.053	40	164	4.10	0.269	0.243	0.024
2	2	0.8		0.078	40	179	4.48	0.290		
3	1	0.35		0.029	40	193	4.83	0.309		
3	1	0.5	0.083	0.042	40	213	5.33	0.337	0.299	0.025
3	1	0.8		0.066	40	216	5.40	0.341		
3	2	0.35		0.029	40	190	4.75	0.305		
3	2	0.5	0.083	0.042	40	211	5.28	0.334	0.298	0.025
3	2	0.8		0.066	40	217	5.43	0.342		
4	1			0.000	40		0.00			
4	1		0.035	0.000	40		0.00		0.139	0.005
4	1	0.9		0.032	40	99	2.48	0.179		
4	2	0		0.000	40		0.00			
4	2	0	0.035	0.000	40		0.00		0.144	0.005
4	2	0.9		0.032	40	104	2.60	0.186		

Tramo	Distancia desde orilla	distancia tramo	q	Q	Linimetro	0.200
1	0.058	0.058	0.0061	0.0002	alfa	60
2	0.296	0.238	0.0235	0.0035	Cd	0.819
3	0.577	0.281	0.0248	0.0068	<b>Q teorico</b>	<b>0.015 m<sup>3</sup>/s</b>
4	0.945	0.368	0.0049	0.0055		
6	1.9	0.955		0.0024		
<b>Q total</b>				<b>0.018 m<sup>3</sup>/s</b>		

Fuente: (Elaboración propia)

**Tabla 32.**

*Cálculo del caudal igual a 14 m<sup>3</sup>/s para vertedero 2 que representa el río Toltén.*

CALCULO DE CAUDAL POR MEDIO DE CORRENTOMETRO														
Vertedero	2		<b>COMPUERTAS CERRADAS</b>				Helice <b>85018-1</b>							
Fecha:	11/11/2022		$Q = \frac{\Sigma(q_1 + q_2)D}{2}$ $V = 0.0553N + 0.0421$				Coeficientes							
Hora:	16:35						$N = \frac{U}{T}$				a 0.0553			
Ancho =	2.350 m						$q = V.Y$				b 0.0421			
Linimetro=	0.200 m						U : número de revoluciones							
Punto	Medición	Factor altura desde abajo	Y (m)	Y parcial	T	U	N	V	V prom	q				
1	1			0.000	40		0.00							
1	1	0.5	0.063	0.032	40		0.00		0.000	0.000				
1	1	0.8		0.050	40		0.00							
1	2	0		0.000	40		0.00							
1	2	0.5	0.063	0.032	40		0.00		0.000	0.000				
1	2	0.8		0.050	40		0.00							
2	1	0.3		0.033	40		0.00							
2	1	0.5	0.109	0.055	40		0.00		0.000	0.000				
2	1	0.8		0.087	40		0.00							
2	2	0.3		0.033	40		0.00							
2	2	0.5	0.109	0.055	40		0.00		0.000	0.000				
2	2	0.8		0.087	40		0.00							
3	1	0.35		0.033	40	51	1.28	0.113						
3	1	0.55	0.093	0.051	40	89	2.23	0.165	0.137	0.013				
3	1	0.8		0.074	40	102	2.55	0.183						
3	2	0.35		0.033	40	57	1.43	0.121						
3	2	0.55	0.093	0.051	40	94	2.35	0.172	0.145	0.014				
3	2	0.8		0.074	40	109	2.73	0.193						
4	1			0.000	40		0.00							
4	1	0.6	0.052	0.031	40	141	3.53	0.237	0.207	0.011				
4	1	0.8		0.042	40	154	3.85	0.255						
4	2			0.000	40		0.00							
4	2	0.6	0.052	0.031	40	137	3.43	0.232	0.206	0.011				
4	2	0.8		0.042	40	160	4.00	0.263						
Tramo	Distancia desde orilla	distancia tramo	q	Q	Linimetro	0.200	$Q = Cd h^{\frac{5}{2}}$							
1	0.1	0.1	0.0000	0.0000	alfa	60								
2	0.338	0.238	0.0000	0.0000	Cd	0.819								
3	0.619	0.281	0.0131	0.0018	Q teorico	0.015 m <sup>3</sup> /s								
4	0.987	0.368	0.0107	0.0044										
6	2.349	1.362		0.0073										
<b>Q total</b>				<b>0.014 m<sup>3</sup>/s</b>										

Fuente: (Elaboración propia)

**Tabla 33.**

*Cálculo del caudal igual a 129 m3/s para vertedero 2 que representa el río Toltén.*

CALCULO DE CAUDAL POR MEDIO DE CORRENTOMETRO										
Vertedero	2		<b>COMPUERTAS ABIERTAS</b>				<b>Helice 85018-1</b>			
Fecha:	11/12/2022		$Q = \frac{\Sigma(q_1 + q_2)D}{2}$ $V = 0.0553N + 0.0421$				$N = \frac{U}{T}$ $q = V.Y$			
Hora:	12:10									
Ancho =	5.115 m						<b>Coefficientes</b> <b>a</b> 0.0553 <b>b</b> 0.0421 U : número de revoluciones			
Linimetro=	0.445 m									
Punto	Medición	Factor altura desde abajo	Y (m)	Y parcial	T	U	N	V	V prom	q
1	1	0.3		0.033	40	76	1.90	0.147		
1	1	0.5	0.11	0.055	40	96	2.40	0.175	0.156	0.017
1	1	0.8		0.088	40	102	2.55	0.183		
1	2	0.3		0.033	40	77	1.93	0.149		
1	2	0.5	0.11	0.055	40	101	2.53	0.182	0.158	0.017
1	2	0.8		0.088	40	103	2.58	0.184		
2	1	0.2		0.031	40	228	5.70	0.357		
2	1	0.5	0.153	0.077	40	245	6.13	0.381	0.362	0.055
2	1	0.8		0.122	40	260	6.50	0.402		
2	2	0.2		0.031	40	331	8.28	0.500		
2	2	0.5	0.153	0.077	40	250	6.25	0.388	0.408	0.062
2	2	0.8		0.122	40	263	6.58	0.406		
3	1	0.25		0.033	40	335	8.38	0.505		
3	1	0.55	0.132	0.073	40	364	9.10	0.545	0.500	0.066
3	1	0.8		0.106	40	369	9.23	0.552		
3	2	0.25		0.033	40	334	8.35	0.504		
3	2	0.55	0.132	0.073	40	367	9.18	0.549	0.501	0.066
3	2	0.8		0.106	40	370	9.25	0.554		
4	1	0.35		0.033	40	270	6.75	0.415		
4	1	0.55	0.095	0.052	40	304	7.60	0.462	0.416	0.039
4	1	0.8		0.076	40	328	8.20	0.496		
4	2	0.35		0.033	40	270	6.75	0.415		
4	2	0.55	0.095	0.052	40	307	7.68	0.467	0.418	0.040
4	2	0.8		0.076	40	332	8.30	0.501		
5	1	0.45		0.031	40	339	8.48	0.511		
5	1	0.65	0.068	0.044	40	371	9.28	0.555	0.468	0.032
5	1	0.8		0.054	40	357	8.93	0.536		
5	2	0.45		0.031	40	343	8.58	0.516		
5	2	0.65	0.068	0.044	40	374	9.35	0.559	0.471	0.032
5	2	0.8		0.054	40	357	8.93	0.536		
			0.027							
Tramo	Distancia desde orilla	distancia tramo	q	Q	Linimetro					
1	0.167	0.167	0.0173	0.0014	0.445					
2	0.405	0.238	0.0589	0.0091	60					
3	0.686	0.281	0.0661	0.0176	0.819					
4	1.054	0.368	0.0396	0.0194	<b>Q teorico</b>	$Q = Cd h^{\frac{5}{2}}$				
5	1.881	0.827	0.0319	0.0296	<b>0.108 m3/s</b>					
7	5.109	3.228		0.0515						
<b>Q total</b>				<b>0.129 m3/s</b>						

Fuente: (Elaboración propia)

**Tabla 34.**

*Cálculo del caudal igual a 49 m<sup>3</sup>/s para vertedero 2 que representa el río Toltén.*

CALCULO DE CAUDAL POR MEDIO DE CORRENTOMETRO											
Vertedero		2		<b>COMPUERTAS CERRADAS</b>				Helice <b>85018-1</b>			
Fecha:	10/11/2022			$Q = \frac{\Sigma(q_1 + q_2)D}{2}$ $V = 0.0553N + 0.0421$				$N = \frac{U}{T}$ $q = V.Y$			
Hora:	12:40										
Ancho =	5.110 m							Coeficientes <b>a</b> 0.0553 <b>b</b> 0.0421 U : número de revoluciones			
Linimetro=	0.360 m										
Punto	Medición	Factor altura desde abajo	Y (m)	Y parcial	T	U	N	V	V prom	q	
1	1	0.3		0.034	40	17	0.43	0.066			
1	1	0.6	0.114	0.068	40	15	0.38	0.063	0.053	0.006	
1	1	0.8		0.091	40	0	0.00	0.042			
1	2	0.3		0.034	40	13	0.33	0.060			
1	2	0.6	0.114	0.068	40	15	0.38	0.063	0.051	0.006	
1	2	0.8		0.091	40	0	0.00	0.042			
2	1	0.2		0.031	40	6	0.15	0.050			
2	1	0.5	0.157	0.079	40	14	0.35	0.061	0.058	0.009	
2	1	0.8		0.126	40	21	0.53	0.071			
2	2	0.2		0.031	40	5	0.13	0.049			
2	2	0.5	0.157	0.079	40	15	0.38	0.063	0.061	0.010	
2	2	0.8		0.126	40	26	0.65	0.078			
3	1	0.25		0.036	40	33	0.83	0.088			
3	1	0.5	0.144	0.072	40	50	1.25	0.111	0.131	0.019	
3	1	0.8		0.115	40	121	3.03	0.209			
3	2	0.25		0.036	40	37	0.93	0.093			
3	2	0.5	0.144	0.072	40	53	1.33	0.115	0.135	0.019	
3	2	0.8		0.115	40	122	3.05	0.211			
4	1	0.3		0.030	40	158	3.95	0.261			
4	1	0.6	0.1	0.060	40	212	5.30	0.335	0.285	0.028	
4	1	0.8		0.080	40	219	5.48	0.345			
4	2	0.3		0.030	40	158	3.95	0.261			
4	2	0.6	0.1	0.060	40	218	5.45	0.343	0.290	0.029	
4	2	0.8		0.080	40	226	5.65	0.355			
5	1	0.4		0.030	40	188	4.70	0.302			
5	1	0.6	0.075	0.045	40	202	5.05	0.321	0.285	0.021	
5	1	0.8		0.060	40	210	5.25	0.332			
5	2	0.4		0.030	40	188	4.70	0.302			
5	2	0.6	0.075	0.045	40	208	5.20	0.330	0.289	0.022	
5	2	0.8		0.060	40	216	5.40	0.341			
6	1			0.000	40		0.00				
6	1		0.033	0.000	40		0.00		0.037	0.001	
6	1	0.9		0.030	40	4	0.10	0.048			
6	2			0.000	40		0.00				
6	2		0.033	0.000	40		0.00		0.038	0.001	
6	2	0.9		0.030	40	5	0.13	0.049			
<b>Tramo</b>		<b>Distancia desde orilla</b>	<b>distancia tramo</b>	<b>q</b>	<b>Q</b>	<b>Linimetro</b>		0.360	$Q = Cd k^{\frac{5}{2}}$		
1	0.167	0.167	0.0059	0.0005	alfa	60					
2	0.405	0.238	0.0094	0.0018	Cd	0.819					
3	0.686	0.281	0.0191	0.0040	<b>Q teorico</b>	<b>0.064 m3/s</b>					
4	1.054	0.368	0.0287	0.0088							
5	1.881	0.827	0.0215	0.0208							
6	2.888	1.007	0.0012	0.0115							
7	5.109	2.221		0.0014							
<b>Q total</b>				<b>0.049 m3/s</b>							

Fuente: (Elaboración propia)

**Tabla 35.**

*Cálculo del caudal igual a 60 m<sup>3</sup>/s para vertedero 2 que representa el río Toltén.*

CALCULO DE CAUDAL POR MEDIO DE CORRENTOMETRO										
Vertedero	2		<b>COMPUERTAS CERRADAS</b>					<b>Helice 85018-1</b>		
Fecha:	10/11/2022		$Q = \frac{\Sigma(q_1 + q_2)D}{2}$ $V = 0.0553N + 0.0421$			$N = \frac{U}{T}$ $q = V \cdot Y$		Coeficientes		
Hora:	12:40							a	0.0553	
Ancho =	2.710 m						b	0.0421		
Linimetro=	0.360 m						U : número de revoluciones			
Punto	Medición	Factor altura desde abajo	Y (m)	Y parcial	T	U	N	V	V prom	q
1	1	0.35		0.029	40	160	4.00	0.263		
1	1	0.65	0.084	0.055	40	177	4.43	0.287	0.249	0.021
1	1	0.85		0.071	40	168	4.20	0.274		
1	2	0.35		0.029	40	162	4.05	0.266		
1	2	0.65	0.084	0.055	40	176	4.40	0.285	0.249	0.021
1	2	0.85		0.071	40	167	4.18	0.273		
2	1	0.25		0.034	40	212	5.30	0.335		
2	1	0.5	0.134	0.067	40	237	5.93	0.370	0.351	0.047
2	1	0.8		0.107	40	268	6.70	0.413		
2	2	0.25		0.034	40	208	5.20	0.330		
2	2	0.5	0.134	0.067	40	238	5.95	0.371	0.347	0.047
2	2	0.8		0.107	40	263	6.58	0.406		
3	1	0.25		0.030	40	252	6.30	0.390		
3	1	0.5	0.119	0.060	40	283	7.08	0.433	0.393	0.047
3	1	0.8		0.095	40	284	7.10	0.435		
3	2	0.25		0.030	40	257	6.43	0.397		
3	2	0.5	0.119	0.060	40	281	7.03	0.431	0.394	0.047
3	2	0.8		0.095	40	283	7.08	0.433		
4	1	0.4		0.029	40	253	6.33			
4	1	0.6	0.073	0.044	40	292	7.30	0.446	0.379	0.028
4	1	0.8		0.058	40	293	7.33	0.447		
4	2	0.4		0.029	40	248	6.20			
4	2	0.6	0.073	0.044	40	293	7.33	0.447	0.382	0.028
4	2	0.8		0.058	40	298	7.45	0.454		
5	1			0.000	40		0.00			
5	1		0.04	0.000	40		0.00		0.351	0.014
5	1	0.8		0.032	40	287	7.18	0.439		
5	2			0.000	40		0.00			
5	2		0.04	0.000	40		0.00		0.351	0.014
5	2	0.8		0.032	40	287	7.18	0.439		

Tramo	Distancia desde orilla	distancia tramo	q	Q	Linimetro	0.360	$Q = Cd h^{\frac{5}{2}}$
1	0.108	0.108	0.0209	0.0011	alfa	60	
2	0.346	0.238	0.0468	0.0081	Cd	0.819	
3	0.627	0.281	0.0469	0.0132	<b>Q teorico</b>	<b>0.064 m3/s</b>	
4	0.995	0.368	0.0278	0.0137			
5	1.822	0.827	0.0140	0.0173			
6	2.71	0.888		0.0062			
<b>Q total</b>				<b>0.060 m3/s</b>			

Fuente: (Elaboración propia)



**Figura 22.**

*Área correspondiente a los modelos físicos del Laboratorio de Hidráulica de la Universidad de Piura*



**Figura 23.**

*Medición del área total destinada para nuestro modelo físico.*



**Figura 24.**

*Levantamiento topográfico de los elementos existentes en el área a trabajar.*



**Figura 25.**

*Levantamiento del muro de albañilería de la poza de quietamiento del río Allipén.*



**Figura 26.**

*Demolición de los muros existente para levantar los muros de albañilería de la poza de quietamiento del río Toltén.*



**Figura 27.**

*Cuarto de Bombas del Laboratorio de Hidráulica de la Universidad de Piura (vista externa).*



**Figura 28.**

*Cuarto de bombas del Laboratorio de Hidráulica de la Universidad de Piura (vista interna)*



**Figura 29.**

*Construcción de muros perimetrales de nuestro modelo físico en el laboratorio de hidráulica de la UDEP.*



**Figura 30.**

*Relleno con material de la zona para área de confluencia de los ríos en nuestro modelo físico.*



**Figura 31.**

*Levantamiento topográfico de puntos críticos de la confluencia de ríos en el modelo físico.*



**Figura 32.**

*Tarrajeo e impermeabilización del reservorio del rio Toltén.*





**Figura 33.**

*Tarrajeo e impermeabilización del reservorio del rio Allipén.*



**Figura 34.**

*Levantamiento de puntos topográficos para la construcción de las secciones transversales en el modelo físico*



**Figura 35.**

*Construcción de secciones transversales del modelo físico en el modelo hidráulico.*



**Figura 36.**

*Construcción de secciones transversales del modelo físico en el modelo hidráulico.*



**Figura 37.**

*Levantamiento de puntos topográficos para la construcción de las secciones transversales en el modelo físico*



**Figura 38.**

*Construcción de secciones transversales en el modelo físico.*



**Figura 39.**

*Instalación de vitroven en la salida del reservorio del rio Allipén.*



**Figura 40.**

*Instalación de vitroven en la salida del reservorio del rio Toltén.*



**Figura 41.**

*Nivelación de puntos para la medición del tirante en los diferentes cambios de pendiente.*



**Figura 42.**

*Calibración del limnómetro en el reservorio del rio Allipén.*



**Figura 43.**

*Calibración del limnómetro en el reservorio del rio Allipén.*





**Figura 44.**

*Proceso de conteo de las revoluciones con el correntómetro de hélice 85018-1.*



**Figura 45.**

*Proceso de conteo de las revoluciones del molinete con el contador digital.*



**Figura 46.**

*Medición de las revoluciones con el correntómetro de hélice 85018-1 y contador digital en una sección de confluencia en el modelo físico.*



**Figura 47.**

*Confluencia de los ríos Allipén y Toltén a un caudal determinado en el modelo físico.*



**Figura 48.**

*Prueba hidráulica del modelo físico sin condición de borde.*

