

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL CANAL  
JANCU EN SU ESTADO ACTUAL, DESDE LA PROGRESIVA 0+000  
KM AL 5+140 KM, HUARAZ – 2023.**

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

Presentado por:

**OLIVEROS CHAVEZ ROBERTH AUGUSTO**

Asesor:

**Dr. APARICIO ROQUE FIDEL GREGORIO**

Huaraz – Ancash - Perú

2023





UNIVERSIDAD NACIONAL  
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
UNIVERSITARIA DE SHANCAYÁN TELEFAX 043 426 588 - HUARAZ - ANCASH - PERÚ



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los miembros del Jurado de Tesis que suscriben, se reunieron para escuchar y evaluar la sustentación de la Tesis presentado por el Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Agrícola **ROBERTH AUGUSTO OLIVEROS CHAVEZ** de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola de la Facultad de Ciencias Agrarias, denominada: "**ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL CANAL JANCU EN SU ESTADO ACTUAL, DESDE LA PROGRESIVA 0+000 KM AL 5+140 KM, HUARAZ – 2023**"; asesorado por el **Dr. FIDEL GREGORIO APARICIO ROQUE**, Escuchada la sustentación y las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

APROBADA

CON EL CALIFICATIVO (\*)

DIECISEIS (16)

En consecuencia, queda en condición de ser calificado APTO por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias y por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" y recibir el Título de **INGENIERO AGRÍCOLA**, de conformidad con la Ley Universitaria y el Estatuto de la Universidad.

Huaraz, 12 de noviembre de 2024.

Ph.D. LORENZO MOISES AYORA GARAGATE  
PRESIDENTE

Mag. REMO CRISANTO BAYONA ANTUNEZ  
SECRETARIO

MSc. FLOR ANGELA JARA REMIGIO  
VOCAL

Dr. FIDEL GREGORIO APARICIO ROQUE  
ASESOR

(\*) De acuerdo con el Reglamento de Tesis, éstas deben ser calificadas con términos de: APROBADO CON EXCELENCIA (19 - 20), APROBADO CON DISTINCIÓN (17 - 18), APROBADO (14 - 16), DESAPROBADO (00 - 13).



UNIVERSIDAD NACIONAL  
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CIUDAD UNIVERSITARIA DE SHANCAYÁN TELEFAX 043 426 588 - HUARAZ - ANCASH - PERÚ



### ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los miembros del jurado, luego de evaluar la tesis denominada "ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL CANAL JANCU EN SU ESTADO ACTUAL, DESDE LA PROGRESIVA 0+000 KM AL 5+140 KM, HUARAZ – 2023"; presentado por el Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Agrícola **ROBERTH AUGUSTO OLIVEROS CHAVEZ**, sustentada el día martes 12 de noviembre del 2024, con Resolución Decanatural N° 548-2024 - UNASAM - FCA, la declaramos CONFORME.

Huaraz, 12 de noviembre de 2024.

PhD. LORENZO MOISES AYORA GARAGATE  
PRESIDENTE

Mag. REMO CRISANTO BAYONA ANTUNEZ  
SECRETARIO

MSc. FLOR ANGELA JARA REMIGIO  
VOCAL

Dr. FIDEL GREGORIO APARICIO ROQUE  
ASESOR





UNIVERSIDAD NACIONAL  
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

*“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”*

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

CIUDAD UNIVERSITARIA DE SHANCAYÁN TELEFAX 043 426 588 - HUARAZ - ANCASH - PERÚ



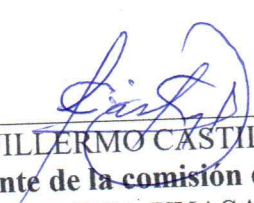
**“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”**

## CERTIFICACIÓN DE SIMILITUD DE TESIS

Que, según el informe de similitud con el anexo 01 de la resolución de Consejo Universitario-Rector N° 126-2022-UNASAM y el reporte de similitud, emitido por el **DR. APARICIO ROQUE Fidel Gregorio**, respecto a la tesis denominada: **“ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL CANAL JANCU EN SU ESTADO ACTUAL, DESDE LA PROGRESIVA 0+000 KM AL 5+140 KM, HUARAZ – 2023”**, del autor **Bach. Oliveros Chávez, Roberth Augusto**, se certifica la originalidad de la tesis con 10% de similitud general encontrándose dentro del rango aceptable de similitud.

Se expide el presente certificado de similitud a solicitud de la interesada para fines que estime conveniente.

Huaraz, 18 noviembre del 2024

  
Dr. GUILLERMO CASTILLO ROMERO  
Presidente de la comisión de investigación  
FCA-UNASAM



Anexo de la R.C.U N° 126 -2022 -UNASAM  
**ANEXO 1**  
**INFORME DE SIMILITUD.**

El que suscribe (asesor) del trabajo de investigación titulado:

**ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL CANAL JANCU EN SU ESTADO ACTUAL, DESDE LA PROGRESIVA 0+000 KM AL 5+140 KM, HUARAZ – 2023.**

Presentado por: Oliveros Chavez, Roberth Augusto

con DNI N°: 71438589

para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Agrícola


Informo que el documento del trabajo anteriormente indicado ha sido sometido a revisión, mediante la plataforma de evaluación de similitud, conforme al Artículo 11° del presente reglamento y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de : 10% de similitud.

**Evaluación y acciones del reporte de similitud de los trabajos de los estudiantes/ tesis de pre grado (Art. 11, inc. 1).**

Porcentaje		Evaluación y acciones	Seleccione donde corresponda <input type="radio"/>
Trabajos de estudiantes	Tesis de pregrado		
Del 1 al 30%	Del 1 al 25%	Esta dentro del rango aceptable de similitud y podrá pasar al siguiente paso según sea el caso.	<input checked="" type="radio"/>
Del 31 al 50%	Del 26 al 50%	Se debe devolver al estudiante o egresado para las correcciones con las sugerencias que amerita y que se presente nuevamente el trabajo.	<input type="radio"/>
Mayores a 51%	Mayores a 51%	El docente o asesor que es el responsable de la revisión del documento emite un informe y el autor recibe una observación en un primer momento y si persistiese el trabajo es invalidado.	<input type="radio"/>

Por tanto, en mi condición de Asesor/ Jefe de Grados y Títulos de la EPG UNASAM/ Director o Editor responsable, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera hoja del reporte del software anti-plagio.

Huaraz, 18/11/2024

  
FIRMA  
Apellidos y Nombres: Aparicio Roque, Fidel Gregorio  
DNI N°: 31672306

Se adjunta:

1. Reporte completo Generado por la plataforma de evaluación de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS ROBERTH OLIVEROS.docx**

AUTOR

**ROBERTH AUGUSTO OLIVEROS CHAVEZ**

RECUENTO DE PALABRAS

**21354 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**110282 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**117 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**70.5MB**

FECHA DE ENTREGA

**Nov 18, 2024 1:47 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Nov 18, 2024 1:50 PM GMT-5**

### ● 10% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)

## DEDICATORIA

*A Dios, por guiarme, protegerme y darme la fortaleza necesaria en momentos de incertidumbre.*

*A mis queridos padres, Augusto y Julia, quienes con su amor y apoyo incondicional han sido la base de mis logros profesionales; sin ellos, alcanzar esta meta habría sido imposible. A mis hermanos, y en especial a mi hermano Manuel, cuya presencia, ahora desde el cielo, ha sido mi guía y motivación en cada paso de mi vida.*

*A Milagritos y su madre, por su apoyo incondicional y aliento durante todo el proceso de esta tesis. Su comprensión y motivación fueron esenciales para superar cada desafío.*



## AGRADECIMIENTO

*A la Universidad Nacional Santiago Antúñez de Mayolo, por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente en esta hermosa carrera. Agradezco a todos los docentes e ingenieros por su dedicación y compromiso en mi aprendizaje.*

*A mi asesor, el Dr. Fidel Gregorio Aparicio Roque, a quien expreso mi más profundo agradecimiento por su apoyo desinteresado y su constante dedicación durante la elaboración de este trabajo de investigación. Su compromiso y acompañamiento fueron fundamentales en este importante camino.*

*A mis distinguidos jurados: el PhD. Lorenzo Moisés Ayora Garagate, el Mag. Remo Crisanto Bayona Antúñez y la M.Sc. Flor Jara Remigio, a quienes expreso mi sincero agradecimiento por el tiempo y la dedicación que brindaron al evaluar mi trabajo.*



## LISTA DE CONTENIDO

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Lista de Contenido .....	iv
Índice .....	v
Contenido de Tablas .....	viii
Contenido de Figuras .....	x
Resumen .....	xi
Abstract .....	xii



## ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Planteamiento y Formulación del Problema.....	1
1.1.1 Descripción del Problema.....	1
1.1.2 Formulación del Problema.....	4
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 Objetivo General.....	4
1.2.2 Objetivos Específicos.....	4
1.3 Justificación del Proyecto.....	5
1.3.1 Teórica.....	5
1.3.2 Metodológica.....	5
1.3.3 Práctica.....	5
1.3.4 Económica.....	6
1.4 Delimitación.....	7
1.4.1 Ubicación Hidrográfica.....	7
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>9</b>
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	9
2.1.1 Antecedentes Internacionales.....	9
2.1.2 Antecedentes Nacionales.....	12
2.2 Bases Teóricas.....	15
2.2.1 Eficiencia de Conducción.....	15
2.2.2 Pérdidas en Conducción.....	16
2.2.3 Pérdidas por Infiltración.....	16
2.2.4 Pérdidas en Canales Revestidos.....	17
2.2.5 Fuentes de Baja Eficiencia.....	17
2.2.6 Aforos.....	19
2.2.7 Métodos de Medición.....	19
2.2.8 Estructuras Hidráulicas.....	21

2.2.9	Velocidad Media de una Sección.....	22
2.3	Definición de Términos .....	28
2.4	Hipótesis .....	29
2.5	Variables .....	29
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y METODOLOGÍA .....</b>	<b>30</b>
3.1	Materiales.....	30
3.1.1	Materiales.....	30
3.1.2	Equipos de Laboratorio.....	30
3.1.3	Equipos de Gabinete .....	30
3.2	Metodología .....	31
3.2.1	Tipo de Investigación.....	31
3.2.2	Nivel de Investigación .....	31
3.2.3	Diseño de Investigación.....	31
3.2.4	Población y Muestra .....	31
3.3	Técnicas e Instrumentos de Recolección y Análisis de Datos.....	32
3.3.1	Instrumento de Recolección de Datos.....	32
3.3.2	Plan de Muestreo .....	32
3.4	Plan de Procesamiento y Análisis Estadístico de Datos .....	35
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>40</b>
4.1	Resultados .....	40
4.1.1	Punto de Medición o Sección Transversal 1.....	43
4.1.2	Punto de Medición o Sección Transversal 2.....	46
4.1.3	Punto de Medición o Sección Transversal 3.....	49
4.1.4	Punto de Medición o Sección Transversal 4.....	52
4.1.5	Punto de Medición o Sección Transversal 5.....	55
4.1.6	Punto de Medición o Sección Transversal 6.....	58
4.2	Cálculo del Caudal y la Velocidad Media .....	61
4.3	Análisis de Resultados .....	68

4.4	Determinación de la eficiencia hidráulica.....	70
<b>V.</b>	<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>72</b>
5.1	Contrastación de la Hipótesis .....	74
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>75</b>
<b>VII.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>77</b>
<b>VIII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>78</b>
<b>IX.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>81</b>



## CONTENIDO DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Valores para el cálculo de la velocidad media del flujo.....	26
<b>Tabla 2</b>	Para la obtención de datos primarios de velocidades.....	32
<b>Tabla 3</b>	Matriz de registro de datos obtenidos in situ.....	33
<b>Tabla 4</b>	Matriz de registro de datos obtenidos in situ.....	34
<b>Tabla 5</b>	Localización geográfica de los puntos de medición.....	41
<b>Tabla 6</b>	Datos primarios de campo 1.....	43
<b>Tabla 7</b>	Promedio de velocidades de acuerdo al tirante 1.....	44
<b>Tabla 8</b>	Datos de campo de la sección 1.....	45
<b>Tabla 9</b>	Datos primarios de campo 2.....	46
<b>Tabla 10</b>	Promedio de velocidades de acuerdo al tirante 2.....	47
<b>Tabla 11</b>	Datos de campo de la sección 2.....	48
<b>Tabla 12</b>	Datos primarios de campo 3.....	49
<b>Tabla 13</b>	Promedio de velocidades de acuerdo al tirante 3.....	50
<b>Tabla 14</b>	Datos de campo de la sección 3.....	51
<b>Tabla 15</b>	Datos primarios de campo 4.....	52
<b>Tabla 16</b>	Promedio de Velocidades de acuerdo al tirante 4.....	53
<b>Tabla 17</b>	Datos de campo de la sección 4.....	54
<b>Tabla 18</b>	Datos primarios de campo 5.....	55
<b>Tabla 19</b>	Promedio de velocidades de acuerdo al tirante 5.....	56
<b>Tabla 20</b>	Datos de campo de la sección 5.....	57
<b>Tabla 21</b>	Datos primarios de campo 6.....	58
<b>Tabla 22</b>	Promedio de velocidades de acuerdo al tirante 6.....	59
<b>Tabla 23</b>	Datos de campo de la sección 6.....	60
<b>Tabla 24</b>	Calculo para el método de aforo al 60 % de profundidad.....	61
<b>Tabla 25</b>	Método de aforo al 20 % y 80 % de profundidad.....	62
<b>Tabla 26</b>	Calculo para el método de aforo al 60 % de profundidad.....	62
<b>Tabla 27</b>	Método de aforo al 20 % y 80 % de profundidad.....	63
<b>Tabla 28</b>	Calculo para el método de aforo al 60 % de profundidad.....	64
<b>Tabla 29</b>	Método de aforo al 20 % y 80 % de profundidad.....	64
<b>Tabla 30</b>	Calculo por el método de aforo al 60 % de profundidad.....	65
<b>Tabla 31</b>	Método de aforo al 20 % y 80 % de profundidad.....	65
<b>Tabla 32</b>	Calculo por el método de aforo al 60% de profundidad.....	66
<b>Tabla 33</b>	Método de aforo al 20 % y 80 % de profundidad.....	67

<b>Tabla 34</b> Calculo para el método de aforo al 60 % de Profundidad. ....	67
<b>Tabla 35</b> Método de aforo al 20 % y 80 % de profundidad.....	68
<b>Tabla 36</b> Caudal y velocidad media en cada sección de medición.....	68
<b>Tabla 37</b> Eficiencia hidráulica. ....	70



## CONTENIDO DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Estado actual del canal Jancu.....	3
<b>Figura 2</b> Ubicación geográfica del lugar de estudio.....	7
<b>Figura 3</b> Ubicación del lugar de estudio.....	8
<b>Figura 4</b> Método del flotador.....	20
<b>Figura 5</b> Distribución de velocidades en un canal.....	24
<b>Figura 6</b> Isotacas en un canal de sección trapecial.....	25
<b>Figura 7</b> Distribución de velocidades en diferentes secciones transversales. ....	25
<b>Figura 8</b> Método de aforo al 60 % de profundidad. ....	27
<b>Figura 9</b> Método de aforo al 20 % y 80 % de profundidad. ....	27
<b>Figura 10</b> Flujograma para el diagnóstico del estado actual del canal. ....	36
<b>Figura 11</b> Flujograma del proceso del levantamiento topográfico.....	36
<b>Figura 12</b> Flujograma para la estimación de la eficiencia de conducción del canal. ....	37
<b>Figura 13</b> Método del área - velocidad.....	37
<b>Figura 14</b> Flujograma para la estimación de los valores que alcanzan los caudales del canal. .....	38
<b>Figura 15</b> Flujograma del procedimiento para el cálculo del costo necesario para el mejoramiento del canal.....	39
<b>Figura 16</b> Esquema de registro para toma de datos en puntos de medición.....	42
<b>Figura 17</b> Correntómetro global water FP111.....	42
<b>Figura 18</b> Distribución de velocidades de la sección 1. ....	44
<b>Figura 19</b> Distribución de velocidades de la sección 2. ....	47
<b>Figura 20</b> Distribución de velocidades de la sección 3. ....	50
<b>Figura 21</b> Distribución de velocidades de la sección 4. ....	53
<b>Figura 22</b> Distribución de velocidades de la sección 5. ....	56
<b>Figura 23</b> Distribución de velocidades de la sección 6. ....	59
<b>Figura 24</b> Velocidad media por el método 1 y método 1. ....	69
<b>Figura 25</b> Caudal por el método 1 y método 2. ....	69
<b>Figura 26</b> Eficiencia hidráulica en el canal. ....	70

## RESUMEN

El problema de investigación aborda los factores que inciden en la eficiencia de conducción del canal Jancu, entre ellos la evaporación, infiltración, sedimentación, fisuras, grietas, deterioro de juntas de dilatación y compuertas. Estas pérdidas de agua disminuyen la disponibilidad para riego, reduciendo la productividad agrícola y elevando los costos de operación. En este contexto, la investigación tuvo como objetivo estimar la eficiencia de conducción del canal Jancu en su estado actual, abarcando el tramo comprendido entre la progresiva 0+000 km y 5+140 km, ubicado en Huaraz, durante el año 2023. La metodología empleada consideró un levantamiento topográfico del tramo estudiado, complementado con mediciones geométricas de secciones transversales en tramos representativos. Además, se realizaron mediciones de velocidad del agua utilizando un correntómetro digital del laboratorio de calidad ambiental, seleccionando seis secciones clave para el muestreo por conveniencia. Los resultados de la evaluación revelaron un deterioro significativo en los primeros 2+060 km del canal, caracterizado por un revestimiento crítico, mientras que los 3.080 km restantes se encuentran en un estado de conservación que varía de regular a bueno, con un revestimiento de concreto simple ( $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ ). Las compuertas laterales de distribución presentan deficiencias que afectan la eficiencia de conducción del canal, la cual se estima en un 72.89 %. Asimismo, se identificó una pérdida volumétrica de  $0.135 \text{ m}^3/\text{s-km}$ , lo que impacta negativamente en los usuarios del sistema. En conclusión, pese a las deficiencias observadas, el canal Jancu mantiene una eficiencia de conducción del 72.89 %, lo que indica un funcionamiento aceptable, aunque limitado por el deterioro de su infraestructura. Estos hallazgos destacan la necesidad de implementar mejoras en el sistema para optimizar su rendimiento y garantizar un uso más eficiente del recurso hídrico.

**Palabras clave:** *eficiencia de conducción, estado del canal, pérdidas de agua.*

## ABSTRACT

The research problem addresses the factors that affect the conduction efficiency of the Jancu channel, including evaporation, infiltration, sedimentation, fissures, cracks, deterioration of expansion joints and gates. These water losses decrease the availability for irrigation, reducing agricultural productivity and raising operating costs. In this context, the research aimed to estimate the conduction efficiency of the Jancu canal in its current state, covering the section between the progressive 0+000 km and 5+140 km, located in Huaraz, during the year 2023. The methodology used considered a topographic survey of the section studied, complemented with geometric measurements of cross-sections in representative sections. In addition, water velocity measurements were made using a digital flowmeter from the environmental quality laboratory, selecting six key sections for convenience sampling. The results of the assessment revealed significant deterioration in the first 2+060 km of the canal, characterized by a critical lining, while the remaining 3,080 km are in a state of conservation ranging from fair to good, with a simple concrete lining ( $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ ). The side distribution gates have deficiencies that affect the conduction efficiency of the channel, which is estimated at 72.89%. Likewise, a volumetric loss of  $0.135 \text{ m}^3/\text{s-km}$  was identified, which negatively impacts the users of the system. In conclusion, despite the deficiencies observed, the Jancu canal maintains a conduction efficiency of 72.89%, which indicates an acceptable operation, although limited by the deterioration of its infrastructure. These findings highlight the need to implement improvements in the system to optimize its performance and ensure a more efficient use of water resources.

**Keywords:** *conduction efficiency, channel condition, water losses.*

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Planteamiento y Formulación del Problema

#### 1.1.1 Descripción del Problema

Mejía et al. (2022) informaron que las principales causas de pérdida de agua en los módulos de riego del Río Lerma, México, se distribuyen de la siguiente manera: aproximadamente el 1 % se atribuye a la evaporación en los canales, el 29 % a la infiltración y el 13 % restante corresponde a pérdidas operativas. Estas últimas se originan en fugas estructurales, fluctuaciones en los niveles de operación de los canales, desperdicio durante la entrega a las parcelas y pérdidas administrativas, que incluyen volúmenes de agua suministrados, pero no pagados por los usuarios, por lo que no se registran como entregados. Estas situaciones evidencian una inadecuada utilización y gestión del agua de riego en el país.

Calle et al. (2021) indican que la eficiencia de conducción y distribución del agua en los canales de riego se ve afectada por varios factores, entre ellos la evaporación directa, filtraciones naturales y por raíces, tomas clandestinas, compuertas en mal estado, desbordamientos y falta de operación. Además, la eficiencia global del sistema está influenciada por factores como el tipo de suelo, el clima, el diseño del sistema y la capacidad institucional.

Quiliche (2021) señala que el principal problema en los sistemas de riego por gravedad es la pérdida de agua, atribuida a infiltraciones, el mal estado de la infraestructura hidráulica y la falta de operación y mantenimiento adecuados. Esto impide que el canal satisfaga la demanda del área designada, destacando la necesidad de mantenerlo en óptimas condiciones para maximizar el uso del recurso hídrico y reducir pérdidas. Además, el canal debe cumplir con estándares técnicos a lo largo de su recorrido. Las fuertes lluvias en la sierra generan escorrentía, erosión e infiltración en los taludes, lo que puede obstruir el canal. Asimismo, algunos usuarios desvían el agua de manera inapropiada, afectando a otros y limitando el acceso a las últimas parcelas. Dada la actual escasez de recursos hídricos, es crucial utilizar el agua de manera eficiente y mantener las infraestructuras hidráulicas en condiciones óptimas.

El Ministerio de Agricultura (MINAGRI, 2015) señala que la falta de eficiencia en la conducción de agua en los canales de riego se debe principalmente a pérdidas por fugas, evaporación y filtración. Esto reduce la cantidad de agua que llega al campo, afectando negativamente la eficiencia del riego.

Rimarachin (2013) señala que la eficiencia de conducción de riego del canal Chililique es deficiente debido a diversos factores, como un recubrimiento inadecuado, deterioro de juntas, y la presencia de grietas y fisuras, además de la falta de mantenimiento adecuado. Según la investigación, la eficiencia de conducción del canal se sitúa entre el 80 % y el 81 %, lo que implica una pérdida aproximada del 18.20 % del agua durante el proceso de conducción.

Cieza (2019) indica que el canal de irrigación Turuco Bellavista presenta una baja eficiencia de conducción del 80 %, lo que se considera insuficiente. Esta deficiencia se debe a la presencia considerable de grietas, roturas y juntas en mal estado, que provocan pérdidas significativas de agua. Estos problemas afectan negativamente la capacidad del canal para transportar el agua de manera eficiente, lo que puede impactar adversamente el suministro de agua para el riego.

El Proyecto Subsectorial de Irrigación (PSI, 2004) señala que la falta de limpieza adecuada en los canales permite el crecimiento de malas hierbas, lo que afecta la eficiencia del sistema de riego. Las semillas de malas hierbas germinan rápidamente al humedecerse el canal. Además, sembrar dentro del perímetro húmedo de los canales puede aumentar el coeficiente de rugosidad y reducir la velocidad del flujo de agua. Estos factores, en conjunto, perjudican la eficiencia y el rendimiento del sistema de riego.

Morales (2017) señala un problema significativo relacionado con la eficiencia de conducción en el canal de riego RinRin Pampa. La investigación realizada indica que, desde la progresiva 00+000 km hasta la 01+000 km, la eficiencia de conducción es deficiente, lo que resulta en una considerable pérdida de agua. Sin embargo, entre las progresivas 01+000 y 02+415 km, se observa una mejora en la eficiencia, considerándose esta última buena. Las principales causas de la problemática identificada son la presencia de grietas, roturas y juntas en mal estado en el canal, lo que agrava la pérdida de agua y contribuye a la ineficiencia en la conducción.

PSI (2004) sostiene que las filtraciones en canales revestidos pueden ser causadas por juntas de dilatación defectuosas o deterioradas, secciones revestidas con materiales de baja calidad, y losas agrietadas como resultado de problemas en el comportamiento del material de relleno de la plataforma. Estos factores pueden afectar negativamente la eficiencia hidráulica del canal, provocando pérdidas de agua por infiltración.

PSI (2004) señala que las roturas en los canales constituyen un problema importante en diversos puntos o tramos. Estas roturas pueden originarse tanto de manera natural, debido a la presencia de raíces de árboles y arbustos, como a causa de acciones humanas. Además,

el mal diseño de las tomas laterales puede provocar roturas cuando el agua excede el borde libre. La manipulación inadecuada por parte de las personas también puede debilitar los bordes y causar rupturas. Estas incidencias pueden ocasionar daños significativos y disminuir la eficiencia de conducción del canal.

Quiliche (2021) expone que la eficiencia de conducción en el canal La Collpa presenta varios problemas que afectan su funcionamiento. Entre estos se destacan la infiltración en las juntas de los canales laterales, el deterioro del concreto, así como en las tomas y puntos de control, además de la falta de mantenimiento regular. Estas dificultades comprometen la eficiencia del sistema de riego y limitan su aprovechamiento durante los meses de máximas precipitaciones.

El canal de riego Jancu enfrenta varios problemas, incluyendo fisuras, agrietamientos, roturas, presencia de vegetación, juntas de dilatación y compuertas laterales deterioradas. Estas deficiencias impactan significativamente en la pérdida de agua por infiltración y evaporación, lo que a su vez afecta la eficiencia de conducción, como se ilustra en la figura 1.

### **Figura 1**

*Estado actual del canal Jancu.*



*Nota:* En la siguiente figura observar el estado en el que se encuentra el canal Jancu.

### **1.1.2 Formulación del Problema**

Al concluir la presente investigación, me permitiré responder a la siguiente pregunta: ¿Cuál será el valor porcentual estimado de la eficiencia de conducción del canal Jancu en su estado actual, desde la progresiva 0+000 km hasta la 5+140 km, en Huaraz 2023?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Estimar la eficiencia de conducción del canal Jancu en su estado actual, desde la progresiva 0 + 000 km hasta 5 + 140 km, en Huaraz, en el año 2023.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

Diagnosticar el estado actual del canal Jancu, evaluando desde la progresiva 0 + 000 km hasta 2 + 060 km, que es de mampostería, y desde la progresiva 2 + 060 km hasta 5 + 140 km, es un canal de concreto simple ( $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ ), revestido.

Realizar el levantamiento topográfico del eje del canal Jancu utilizando una estación total, desde la progresiva 0 + 000 km hasta 5 + 140 km.

Realizar el aforo utilizando un correntómetro en los tramos seleccionados desde la progresiva 0 + 000 km hasta 5 + 140 km, y presentar la distribución de velocidades de las seis secciones seleccionadas.

Estimar los caudales del canal de conducción Jancu en su estado actual, abarcando desde la progresiva 0 + 000 km hasta 5 + 140 km.

Calcular el presupuesto aproximado para el mejoramiento del estado actual del canal Jancu, desde la progresiva 0 + 000 km hasta 5 + 140 km, utilizando el diagnóstico y el levantamiento topográfico previamente realizados.

## **1.3 Justificación del Proyecto**

### **1.3.1 Teórica**

La eficiencia de conducción se define como la capacidad de un canal para transportar la mayor cantidad de agua posible, minimizando las pérdidas por fricción. Esta eficiencia dependerá de diversos factores, incluyendo el tamaño y la forma del canal, la rugosidad del revestimiento, los deterioros del canal, la velocidad y profundidad del agua, así como de factores externos como la vegetación, la erosión y las variaciones en el caudal. Los resultados de la investigación sobre la eficiencia de conducción del canal Jancu, desde la progresiva 0 + 000 km hasta los 5 + 140 km, contribuirán a generar nuevos conocimientos sobre los ya existentes y servirán como base para futuras investigaciones en este ámbito.

### **1.3.2 Metodológica**

El diseño de la investigación fue no experimental y se basó en la metodología que a continuación se detalla: se realizó el diagnóstico del estado del canal con el propósito de verificar los deterioros existentes. Se procedió a medir las velocidades y el muestreo fue no probabilístico del tipo intencional en seis puntos a lo largo del eje del canal, empleando el correntómetro digital Global Water FP111 del laboratorio de calidad ambiental. Finalmente, se determinó el caudal con la finalidad de calcular la eficiencia de conducción. Este procedimiento se llevó a cabo con el apoyo de los técnicos del laboratorio de calidad ambiental de la UNASAM, quienes garantizaron la calidad y confiabilidad de la investigación.

### **1.3.3 Práctica**

La investigación sobre la eficiencia de conducción en el canal de riego Jancu es crucial para mejorar la gestión del agua en contextos de escasez, especialmente ante el estrés hídrico provocado por el cambio climático. Este estudio tiene como propósito identificar y reducir las pérdidas de agua, optimizando su uso y aumentando la disponibilidad hídrica para la agricultura. Se enfocará en el mejoramiento del revestimiento del canal desde la progresiva 0+000 km hasta los 5+140 km, utilizando un nuevo revestimiento de concreto simple con una resistencia de  $f^c=175 \text{ kg/cm}^2$ , con el propósito de mejorar la eficiencia de conducción y, por ende, contribuir a la seguridad alimentaria. Además, esta investigación tendrá un impacto significativo en la gestión de recursos hídricos a nivel local y regional, promoviendo la sostenibilidad de los ecosistemas. Los beneficiarios de este estudio incluirán agricultores, comunidades locales y autoridades de gestión hídrica, así como investigadores interesados en el manejo sostenible del agua.

### **1.3.4 Económica**

La Municipalidad Distrital de Huaraz llevará a cabo mejoras significativas en el canal de riego Jancu, generando beneficios económicos para las comunidades de Shallap, Huapish y Toclla al incrementar su producción agrícola. Durante la evaluación de la eficiencia del sistema de conducción, se identificaron pérdidas de agua y se diseñaron estrategias para optimizar la gestión del riego. Estas acciones no solo mejorarán la eficiencia del sistema, sino que también reducirán los costos operativos. Desde una perspectiva económica, esta investigación resultó clave, ya que incrementar la eficiencia en la conducción del agua permitirá aumentar la productividad agrícola y disminuir los costos de producción. Este impacto positivo repercutirá en el precio final de los productos agrícolas, fomentando el desarrollo sostenible de los pueblos beneficiarios y de las zonas aledañas al proyecto.

## 1.4 Delimitación

La presente investigación se ubica en el distrito de Huaraz – Olleros, en la provincia de Huaraz, Departamento de Ancash. Los límites del estudio son los siguientes:

**Norte:** Quebrada Shallap

**Sur:** Propiedad de Terceros

**Este:** Propiedad de Terceros

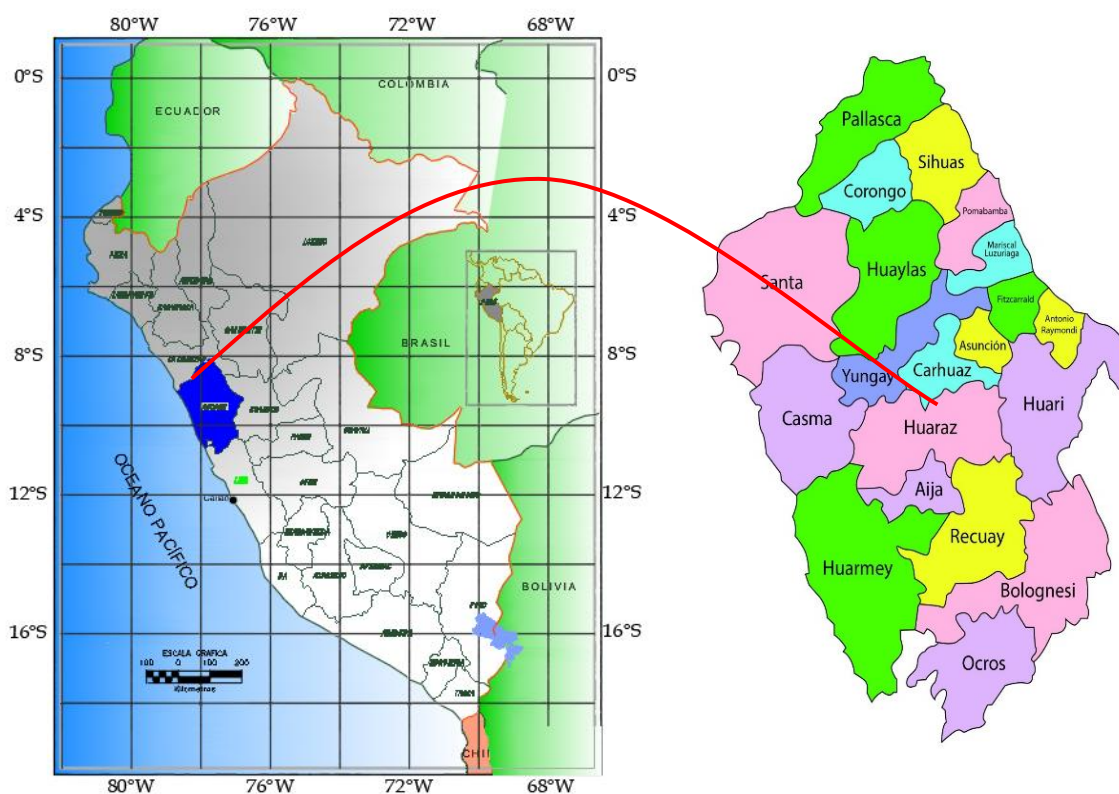
**Oeste:** Propiedad de Terceros

### 1.4.1 Ubicación Hidrográfica.

Pertenece a las microcuencas: Shallap-Quillcayhuanca (Margen Izquierda), Pariac (Margen derecha).

## Figura 2

Ubicación geográfica del lugar de estudio.



*Nota:* En la siguiente figura se muestra la ubicación del lugar de estudio, del canal Jancu, adaptado del Instituto Geográfico Nacional del Perú.

**Figura 3**

Ubicación del lugar de estudio.



*Nota:* La figura siguiente muestra el tramo del canal de estudio, con una extensión total de 5 + 140 km.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes de la Investigación

#### 2.1.1 Antecedentes Internacionales

Salazar (2019) publicó en la tesis **titulada**: “Estimación de pérdidas de caudal y coeficiente de rugosidad del tramo comprendido entre el ovalo 12 al 19 del canal de riego Ambato – Huachi-Pelileo, cantón Cevallos, provincia de Tungurahua”. **Objetivo**: Estimar las pérdidas volumétricas de caudal y los coeficientes de rugosidad en el canal de conducción Ambato-Huachi-Pelileo, en los óvalos 12 al 19, que se encuentran dentro del Cantón Cevallos. **Metodología**: Comenzó con un levantamiento topográfico, seguido de la medición geométrica de secciones transversales seleccionadas en tramos rectos a lo largo de los 5,9 km del canal. Se obtuvieron un total de 24 secciones esquematizadas, en las cuales se tomaron lecturas de velocidades puntuales utilizando un molinete o medidor de velocidad digital. Una vez completada la fase de campo, se procedió al análisis de los datos para obtener los valores de velocidad media y caudales a lo largo del canal. Además, se utilizó el software libre HEC-RAS para caracterizar el flujo mediante simulaciones y correlacionar los resultados obtenidos. **Resultados**: Se encontró que las pérdidas volumétricas no superan los  $0.158 \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{km}$ , ubicándose por encima del límite inferior de  $0.005 \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{km}$ , que corresponde a la pérdida máxima por infiltración para un hormigón nuevo según el método teórico de Uginchus. Estas estimaciones se obtuvieron entre los óvalos 14 y 15. Además, se determinó un coeficiente de rugosidad de Manning promedio de 0.018. **Conclusión**: Los hallazgos son valiosos para futuras investigaciones y contribuyen al uso eficiente del recurso hídrico en la región, basándose en las características físicas e hidráulicas del sistema de conducción.

Vargas (2020) publicó su tesis de maestría **titulada** “Implementación de modelo operacional para mejorar el manejo del agua de sistemas de riego en conducciones abiertas”. **Objetivo**: validar el modelo matemático propuesto por Palacios Vélez, para determinar la eficiencia del manejo del agua en el canal de riego Sardinata del distrito de riego El Juncal, ubicado en el municipio de Palermo, Departamento del Huila. **Metodología**: Consistió en la recolección de datos entre enero y abril de 2020, mediante la observación directa de los niveles de agua en puntos de control seleccionados. Esto permitió obtener los caudales de entrada y salida necesarios para la aplicación del modelo. Se implementó un sistema de información hidrométrica en el área de estudio, que incluyó ocho puntos de control: uno en el canal Sardinata y siete en los canales laterales que conforman esta subunidad operacional. La curva de gasto del canal se determinó utilizando el método del micromolinete, y se

generaron gráficas que relacionan los valores de caudal (CA) con las aberturas de las compuertas de los canales laterales, empleando aforos volumétricos. **Resultados:** La eficiencia de conducción promedio del canal durante el periodo de evaluación fue del 67,62 %, considerándose una eficiencia media alta. De este total, el 97,10 % correspondió a la eficiencia intrínseca del canal, mientras que el 69,64 % representó la eficiencia operacional. Se calcularon las pérdidas de agua, que ascendieron a 11,0 l/s en pérdidas intrínsecas o naturales y 112,0 l/s en pérdidas operacionales, resultando en un total de 123,0 l/s de pérdidas de agua en todo el sistema del canal. **Conclusión:** Se determinó que la eficiencia y las pérdidas de agua intrínsecas se encuentran dentro de los valores establecidos para la conducción en canales revestidos. Sin embargo, la eficiencia y las pérdidas de agua asociadas a su manejo presentaron valores medios y altos, respectivamente. En consecuencia, se elaboraron recomendaciones pertinentes para mejorar la eficiencia en la gestión del agua en el canal de riego.

Tipantiza (2020) publicó en la tesis **titulada:** “Determinación de la eficiencia de conducción y distribución en el ramal “Alangasí–La Merced” del Sistema de Riego Tumbaco”. **Objetivo:** Fue determinar la eficiencia de conducción en el canal secundario, la eficiencia de distribución y la presencia de sobre o sub irrigación de los usuarios del óvalo en el ramal "Alangasí - La Merced" del Sistema de Riego Tumbaco. **Metodología:** Consistió en la recopilación de información del Padrón de usuarios de la Junta de Recursos Hídricos (JRT) y del catastro de 2017, con el objetivo de obtener datos sobre los usuarios y la infraestructura del sistema. A continuación, se llevó a cabo un recorrido por todo el ramal para seleccionar los puntos de monitoreo. Durante este recorrido, se realizaron mediciones de caudales en las secciones del ramal secundario y en las entradas a los usuarios. Además, se realizaron entrevistas a los usuarios para recabar información sobre la operación y la infraestructura del ramal. Para verificar las secciones ideales y las entradas de los usuarios, se realizó una visita de observación. Para medir los caudales, se utilizó un canal Parshall en tres secciones del canal y un vertedero rectangular para medir los caudales en las entradas de cada usuario. **Resultados:** fueron los siguientes: i) La eficiencia de conducción promedio en el ramal fue del 93.41 %. ii) La eficiencia de distribución en el óvalo 4 - 5 fue del 19.47 %. iii) El 92.86 % de los usuarios experimentaron sub-irrigación. **Conclusión:** Se determinó que la eficiencia de conducción en el canal secundario fue buena, sin embargo, la eficiencia de distribución del agua en el óvalo fue deficiente. Además, se identificó la presencia de sub-irrigación en la mayoría de los usuarios. Estos resultados destacan la necesidad de

mejorar la eficiencia en la distribución del agua y abordar la subirrigación para garantizar un uso responsable y eficiente del recurso hídrico en la agricultura.

Cobo (2019) publicó su tesis **titulada:** “Estudio de canal revestido de hormigón, sección trapezoidal con máxima eficiencia hidráulica, longitud 700 para proyecto de irrigación”. **Objetivo:** fue diseñar un canal revestido de hormigón con el propósito de determinar su máxima eficiencia. Para lograr esto, se utilizó una **Metodología:** aplicada a nivel explicativo, utilizando como muestra canales revestidos. **Resultados:** indican que las dimensiones hidráulicas individuales de cada sección del canal se determinaron utilizando estándares de eficiencia hidráulica. Durante el análisis del cauce, se observó que el flujo dominante a lo largo de la conducción era turbulento y supercrítico en la tercera parte del canal (entre 0.080 y 0 + 260), mientras que en el resto del canal era subcrítico. Además, se identificó que el único tipo de salto hidráulico presente fue el arcén sumergido con una curva S1. Se consideraron los estándares existentes para la pendiente, el calado normal y el calado crítico en cada etapa del estudio. **Conclusión:** Se determinó que el diseño de un canal revestido de hormigón puede alcanzar una máxima eficiencia hidráulica al emplear las dimensiones hidráulicas adecuadas y cumplir con los estándares establecidos. Estos hallazgos son relevantes para proyectos de irrigación y aportan al conocimiento en el campo de la ingeniería hidráulica.

Pupiales (2019) publicó en la tesis **titulada:** “Determinación de la eficiencia de conducción y distribución en el ramal “El Pueblo” del Sistema de Riego Tumbaco” **Objetivo:** Determinar la eficiencia de conducción y distribución del agua en el sistema de riego Tumbaco, específicamente en el ramal el pueblo. Además, se buscó determinar la eficiencia de conducción y distribución del agua en diferentes secciones del ramal y así poder identificar la presencia de sobre o sub irrigación en el óvalo. **Metodología:** Consistió en realizar mediciones de caudales mediante el método Parshall, y se determinó el tiempo de riego en función de los requerimientos hídricos de los cultivos. Se evaluó la eficiencia de conducción en tres tramos del canal, así como la eficiencia de distribución en el óvalo 10. Además, se analizó la presencia de sobre irrigación y sub-irrigación en el óvalo. **Resultados:** Se mostraron que había una eficiencia de conducción aceptable en las tres secciones del canal. En cuanto a la eficiencia de distribución en el óvalo, se determinó que fue del 53.07 %. Además, se observó que el 60 % de los usuarios presentaban sub-irrigación. **Conclusión:** Se constató una alta eficiencia en la conducción del agua en el canal secundario. Sin embargo, la eficiencia de distribución en el óvalo se ve afectada por los tiempos de riego asignados por la junta de regantes y por la operación de la infraestructura de riego. Es

necesario implementar medidas que mejoren la distribución equitativa del agua y eviten la sub - irrigación en los cultivos.

### 2.1.2 *Antecedentes Nacionales*

Nizama (2019) publicó en su tesis **titulada**: “Evaluación de la eficiencia de conducción del canal Sinchao desde la progresiva 0+000 km hasta la progresiva 7+600 km, para optimizar la dotación de agua del subsector hidráulico Sinchao parte alta - junta de usuarios del sector hidráulico medio y bajo Piura”. **Objetivo**: evaluar la eficiencia de conducción del canal Sinchao desde la progresiva 0+000 km hasta la progresiva 7+600 km, con el propósito de determinar las pérdidas de conducción y optimizar la dotación de agua en el subsector hidráulico. **Metodología**: Consistió en la recopilación de información y la actualización del inventario de la infraestructura hidráulica. Se calcularon las pérdidas por conducción y se llevaron a cabo mediciones utilizando un correntómetro y compuertas para determinar la eficiencia del sistema de conducción. **Resultados**: La actualización del inventario de la infraestructura hidráulica reveló que el canal Sinchao presenta baja densidad de vegetación y un punto crítico de agrietamiento en la progresiva 5+003 km. De las 17 tomas laterales de segundo orden, el 82.35 % se encuentra en buen estado. Se calcularon las pérdidas de agua por infiltración y evaporación en el canal Sinchao, para un caudal promedio de 7.07 m<sup>3</sup>/s, en 0.0057 m<sup>3</sup>/s-Km, lo que representa solo el 0.61 % de pérdidas. La eficiencia de conducción evaluada para los caudales mínimo y máximo fue del 97.83 %, lo que se traduce en pérdidas totales de 0.020 m<sup>3</sup>/s-Km. En comparación, la eficiencia de conducción establecida en el Sistema Integral de Manejo y Gestión del Agua (SIGMA) es del 93.08 %, indicando una diferencia del 4.81 % en el desperdicio de agua, lo cual podría ser beneficioso para la comisión de usuarios Sinchao. **Conclusión**: la eficiencia en el canal Sinchao entre lo programado y lo recibido es del 100 %, mientras que entre lo programado y lo distribuido es del 84 %, lo que se considera un resultado aceptable.

Capcha y Martínez (2021) publicaron en la tesis **titulada**: “Evaluación de eficiencia hidráulica de canales de riego por gravedad – canal huayao, Chupaca, Junín 2021”. **Objetivo**: fue determinar la eficiencia hidráulica de canales de riego por gravedad - canal Huayao, Chupaca, Junín, 2021. **Metodología**: La investigación se basa en un diseño no experimental y utiliza el método científico. Se administró una ficha de recopilación de datos aplicada al canal de riego Huayao, ubicado en el distrito de Huachac, seleccionado por conveniencia a través de un muestreo no probabilístico. **Resultados**: La eficiencia registrada en el canal trapezoidal, desde la progresiva 0+000 km hasta 2+0.22 km, fue de 58.36 % y 71.53 % en los dos días de medición. En el canal rectangular, la eficiencia alcanzada desde

la progresiva 0+000 km hasta 0+100 km fue de 95.14 %, 92.33 %, 94.93 % y 95.6 %.

**Conclusión:** La investigación proporciona una valiosa comprensión de la eficiencia hidráulica en la zona, subrayando la necesidad de optimizar la infraestructura de riego existente.

Tineo (2021) publicó en la tesis **titulada:** “Estudio y evaluación de las eficiencias por conducción y distribución del recurso hídrico en el canal L1 Chacupe del sub sector hidráulico Monsefú”. **Objetivo:** fue determinar y evaluar los factores que influyen en las bajas eficiencias de conducción y distribución del agua en el canal Chacupe, con el fin de proponer soluciones técnicas a esta problemática. **Metodología:** La investigación empleó un enfoque empírico-cuantitativo con un diseño no experimental y transversal. Se llevó a cabo un levantamiento planimétrico utilizando un GPS para mapear la red de riego e infraestructura hidráulica. Se realizaron actividades como la señalización en el talud del canal aforado para minimizar errores en las mediciones y se utilizaron correntómetros en las estaciones de aforo establecidas. Siguiendo las recomendaciones de Ven Te Chow (1994), se consideró la distribución de velocidades del flujo, lo que permitió obtener datos precisos y confiables sobre el flujo de agua en el canal. **Resultados:** La eficiencia de conducción del agua de riego en el Canal Monsefú durante la campaña agrícola de arroz 2019-2020 fue del 98.24 %. En contraste, las eficiencias operativas totales en el Canal Chacupe fueron del 64.96 %. Estos hallazgos sugieren que la infraestructura de riego es deficiente y que los excesos de tiempo en el recorrido del agua son los principales factores que afectan negativamente la eficiencia de conducción y distribución del agua en la red de riego del Canal Chacupe y en la Comisión de Usuarios Monsefú en su conjunto. **Conclusión:** Se planteó una ecuación hidrométrica como una solución técnica para regular los tiempos de recorrido y optimizar las eficiencias de conducción y distribución del agua en el Canal Chacupe.

Céspedes y Minaya (2022) publicaron en la tesis **titulada:** “Evaluación de las eficiencias en la conducción y distribución de agua para riego del canal Soltín Derecho-Ferreñafe y su posible solución” **Objetivo:** Evaluar la eficiencia de conducción y distribución en el canal Soltín Derecho durante la campaña 2019-2020. **Metodología:** La investigación incluyó la recopilación de fuentes relevantes y confiables sobre la eficiencia del canal y de canales cercanos, así como la verificación directa en la zona de estudio. Se realizaron mediciones puntuales de caudal a lo largo del canal y sus ramales utilizando el equipo electromagnético OTT MFpro, con el objetivo de obtener datos precisos en cada punto establecido. **Resultados:** El canal presenta una baja eficiencia de riego, alcanzando

un 75 % en conducción y distribución, y un 39 % en la eficiencia conjunta de conducción, distribución y aplicación. Estas pérdidas de agua impactan negativamente en el rendimiento de los cultivos, contribuyen al retraso económico, fomentan el abandono de las actividades agrícolas y reducen la atención y el mantenimiento de las áreas agrícolas. **Conclusión:** Se destaca la necesidad urgente de implementar soluciones técnicas, como el revestimiento del canal, para mejorar su eficiencia y reducir las pérdidas de agua.

Farfan (2022) publicó en su tesis **titulada:** "Determinación de la eficiencia de conducción del canal 5+838 km la quebrada desde la progresiva 0+000 km hasta la progresiva 1+280 km, para optimizar la distribución de agua de riego en la comisión del subsector hidráulico hualtaco III – Junta de usuarios del sector hidráulico menor san lorenzo–distrito de tambo grande, región Piura” **Objetivo:** Determinar la eficiencia de conducción desde la progresiva 0+000 km hasta la progresiva 1 + 280 km. El estudio busca identificar las acciones necesarias para mejorar la infraestructura del canal y mantener sus condiciones óptimas, a fin de proporcionar un mejor servicio y una mayor sostenibilidad a los usuarios. **Metodología:** La metodología aplicada incluyó una fase preliminar de recopilación de información y diseño de un plan de trabajo. Posteriormente, en la fase de campo, se verificó la infraestructura hidráulica, se determinaron los puntos de medición y se realizaron aforos utilizando un correntómetro y compuertas, con el fin de evaluar la eficiencia de conducción del canal. **Resultados:** Mostraron una eficiencia de conducción del 86.7 %, lo que equivale a una pérdida de 0.062 m<sup>3</sup>/s por kilómetro. De acuerdo con datos del Ex-INERHRI (Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos), los canales sin revestir suelen presentar pérdidas de agua estimadas entre un 5 % y un 15 %. Asimismo, estudios previos señalan que la eficiencia promedio de conducción en canales de tierra oscila entre el 75 % y el 85 %.

**Conclusión:** Se identificó una diferencia del 2 % en la eficiencia de conducción del canal, lo cual sugiere la necesidad de implementar medidas más efectivas para reducir las pérdidas de agua y optimizar el rendimiento del sistema de riego.

## 2.2 Bases Teóricas

### 2.2.1 Eficiencia de Conducción

MINAGRI (2015) define que la eficiencia de conducción permite evaluar la pérdida de agua en el canal principal, desde su inicio en la bocatoma hasta su punto final. En algunos casos, puede resultar inviable mantener cerradas las compuertas de los canales laterales de distribución; sin embargo, estas situaciones se toman en cuenta al calcular la eficiencia de conducción.

$$Ef_c = \frac{\text{Caudal que llega al final del canal principal} + \sum \text{Caudales de distribución}}{\text{Caudal de agua que entra al canal principal}} \times 100 \quad (1)$$

La sumatoria de canales de distribución se asume cero, en caso de que las compuertas se encuentren cerradas.

PSI (2004) define que la eficiencia de conducción se utiliza para evaluar el funcionamiento y mantenimiento del canal principal o de derivación, desde la fuente de abastecimiento hasta el inicio de la distribución del agua en los canales laterales. Esta eficiencia es mayor cuando el estado del canal o cauce por el cual fluye el agua es óptimo.

Lo que implica lo siguiente:

Se recomienda que el canal esté revestido para evitar pérdidas por infiltración.

El canal no debe presentar roturas en la base, los taludes o los bordes.

Es preferible que el canal tenga una superficie mínima expuesta a la evaporación.

Se debe evitar el robo o la sustracción de agua a lo largo del canal, ya sea por parte de usuarios informales, carga de agua en cisternas, uso pecuario constante, etc.

Es importante mantener los caudales mínimos recomendados técnicamente para asegurar una velocidad aceptable y prevenir la sedimentación que reduce la capacidad del canal, así como la erosión que podría aumentar la superficie expuesta a la infiltración.

La eficiencia de conducción ( $E_c$ ) se define como la relación entre la cantidad de agua que ingresa al canal o tramo de canal de derivación (VE) y la cantidad de agua que sale del canal o tramo (VS), expresada mediante la siguiente fórmula:

$$E_c = \frac{VS}{VE} \quad \text{o} \quad E_c(\%) = \frac{VS}{VE} \times 100 \quad (2)$$

También cuando se utiliza caudales:

$$E_c = \frac{QS}{QE} \quad \text{o} \quad E_c(\%) = \frac{QS}{QE} \times 100 \quad (3)$$

Otra forma de cálculo de la eficiencia de conducción es utilizando los conceptos de pérdidas mediante la siguiente expresión:

$$Qp = \frac{QE-QS}{QE} \quad \text{o} \quad Qp(\%) = \frac{QE-QS}{QE} \times 100 \quad (4)$$

$$Ec = 100 - Qp(\%) \quad (5)$$

Donde:

Ec = Eficiencia de conducción.

Qp = Pérdidas de agua en el canal expresadas en caudal.

QS = Caudal que sale del canal o tramo de canal.

QE = Caudal que entra al canal o tramo de canal.

### 2.2.2 Pérdidas en Conducción

Palacios (1991) sostiene que las pérdidas por conducción pueden clasificarse según su origen en:

**Pérdidas por infiltración:** Estas ocurren principalmente en los cauces naturales de los ríos y en los canales sin revestimiento. Sin embargo, también pueden ser significativas en canales con revestimientos agrietados o con mampostería en mal estado. El nivel de estas pérdidas varía, siendo especialmente notable en canales sin revestimiento construidos sobre suelos impermeables, donde pueden llegar a ser considerables.

**Pérdidas por evaporación:** Generalmente, estas pérdidas son menores en comparación con las pérdidas por infiltración. Sin embargo, en muchos distritos de riego, el área expuesta a la evaporación en cauces naturales o canales con diques puede ser considerable, resultando en pérdidas significativas.

**Pérdidas por fugas en las estructuras:** Estas son de gran relevancia en la mayoría de los distritos de riego debido al deterioro de las infraestructuras. En muchas compuertas radiales ubicadas en desfuegos de canales principales y laterales que no se utilizan en determinados momentos, el agua puede filtrarse a través de sellos en mal estado o perforaciones causadas por la corrosión del hierro, lo que puede representar un porcentaje significativo del agua transportada.

**Pérdidas por manejo:** Estas ocurren durante la distribución del agua, como consecuencia de errores en la administración del sistema.

### 2.2.3 Pérdidas por Infiltración

Villón (2005) sostiene que el cálculo de las pérdidas por infiltración en un canal es crucial para evaluar económicamente tanto los canales existentes como los que están por construirse. Este cálculo se basa en el estudio de las propiedades hidráulicas del suelo, que involucra múltiples variables. Las pérdidas por infiltración reducen la eficiencia del sistema, ya que representan una pérdida de agua valiosa para los cultivos. Además, estas pérdidas

aumentan el nivel freático, lo que puede tener efectos perjudiciales en las plantas y contribuir a la salinización del suelo, convirtiéndose en un foco de enfermedades.

Las pérdidas se producen en el canal principal, desde la toma hasta los canales secundarios, y también entre estos últimos y las áreas de riego. Asimismo, se registran pérdidas al aplicar el agua en los campos cultivados; sin embargo, estas no se ven afectadas por el revestimiento del canal y dependen del control que ejerzan los agricultores para mejorar la eficiencia del riego.

#### 2.2.4 *Pérdidas en Canales Revestidos*

Villón (2005) establece que es necesario revestir un canal cuando las pérdidas por infiltración superan los 0.46 m/día ( $5.3 \times 10^{-4}$  cm/s). Aunque el revestimiento de un canal no elimina por completo las pérdidas por infiltración, ya que siempre pueden ocurrir fugas a través de grietas que se forman en el hormigón, sí las reduce de manera considerable.

$$P = K \times \frac{y}{e} \times (b + y \times \sqrt{1 + Z^2}) \times 1000 \quad (6)$$

Donde:

P = pérdidas, en m<sup>3</sup>/s-km

K = permeabilidad de revestimiento de hormigón, en m/s, el mismo que varía de  $10^{-5}$  cm/s a  $10^{-7}$  cm/s

e = espesor del revestimiento, en m.

b = ancho, de solera en m.

y = tirante, en m.

Z = talud.

#### 2.2.5 *Fuentes de Baja Eficiencia*

**2.2.5.1 Roturas de Canales.** Según Villón (2005), las roturas pueden ocurrir en distintas partes o secciones del canal, ya sea por causas naturales o por intervención humana. Las roturas naturales a menudo son el resultado de raíces de árboles y arbustos que crecen descuidadamente en canales, tanto revestidos como no revestidos. También pueden ocurrir en tramos donde el nivel del agua sobrepasa la altura del borde libre, lo que provoca desbordamientos y, en consecuencia, roturas.

El paso de maquinaria sobre canales no revestidos puede causar daños que no siempre se reparan adecuadamente. Estas roturas pueden presentarse en canales de diversas categorías (L1, L2, L3, L4, L, entre otros). Además, las tomas laterales, cuyo borde superior se sitúa a una altura inferior a la del canal, pueden experimentar roturas cuando el agua en el canal supera el nivel del borde libre.

**2.2.5.2 Filtraciones.** Según Justiniano (2022), las filtraciones se producen en canales construidos sobre materiales altamente permeables que no son adecuados para una eficiente conducción del agua. Estos materiales pueden incluir desde arenas gruesas en los valles hasta grava o piedra en las laderas de las colinas por donde fluyen los canales. Estas condiciones pueden provocar filtraciones significativas, lo que puede requerir el revestimiento de ciertas secciones del canal o incluso un cambio en su ubicación.

Las filtraciones también pueden originarse a partir de pequeños orificios o madrigueras creadas por animales, como reptiles y roedores, que utilizan estos espacios como hábitats naturales, y que generalmente no son fáciles de detectar a simple vista.

En los canales revestidos, las filtraciones pueden ser el resultado de juntas de dilatación mal construidas o deterioradas, así como de secciones o paneles revestidos con materiales de baja calidad. Además, las losas pueden resquebrajarse debido a fallas en el comportamiento del material de relleno de la plataforma.

**2.2.5.3 Limpieza de Canales.** Según Justiniano (2022), la limpieza de los canales es una actividad crucial en todo el sistema de riego, ya que mejora significativamente la eficiencia en todos sus niveles. Esto se debe a que aumenta la velocidad del agua, reduce los tiempos de riego y acorta el período en que el agua está expuesta en los cauces.

Es recomendable realizar la limpieza tantas veces como sea necesario durante la campaña, dado que las semillas de malas hierbas suelen estar presentes y germinan tan pronto como el canal se humedece. Si no hay presupuesto disponible para llevar a cabo esta tarea adecuadamente, los usuarios deberán asumir la responsabilidad de realizarla por su cuenta, siempre y cuando reconozcan los beneficios importantes de mantener los canales en condiciones óptimas de limpieza. Además, la limpieza busca eliminar los sedimentos que el agua transporta en suspensión y que tienden a acumularse en el canal debido a las bajas velocidades del flujo. Generalmente, esta operación se realiza solo una vez durante la campaña.

**2.2.5.4 Mantenimiento de Estructuras.** Según PSI (2004), es crucial que las tomas principales, secundarias y de cualquier tipo estén adecuadamente selladas y libres de fugas cuando no se encuentren en uso. Si se detectan pérdidas de agua debido a roturas u otras causas, es fundamental llevar a cabo las reparaciones antes de iniciar los riegos, y esta tarea debe ser incluida en el Plan de Mantenimiento.

Las estructuras del sistema de riego, como retenciones, repartidores y aliviaderos, deben mantenerse en condiciones óptimas durante el período de riego, ya que un funcionamiento deficiente puede resultar en importantes pérdidas de agua a lo largo de la

campana. Además, elementos como compuertas, distribuidores, desagües y otros componentes del sistema deben estar en perfecto estado, dado que su mal funcionamiento puede ocasionar pérdidas significativas de agua.

### 2.2.6 Aforos

Según Villón (2005), existen diferentes métodos para calcular el caudal de un flujo de agua, cada uno diseñado para aplicarse en distintas condiciones dependiendo del tamaño del flujo y del nivel de precisión requerido en los resultados.

### 2.2.7 Métodos de Medición

Burbano y Erazo (2000) destacan que la precisión en la medición de un curso de agua depende del esfuerzo y los recursos disponibles. La elección del método adecuado varía según el volumen del flujo, las condiciones del entorno y la precisión requerida. Un factor crucial en este proceso es el equipo utilizado para los aforos. Entre los métodos de medición se encuentran el aforo por flotador, el aforo volumétrico, el aforo mediante estructuras aforadoras, el aforo por sección y velocidad, y el aforo mediante fórmulas empíricas.

**Método del Flotador:** Este método utiliza instrumentos flotantes para medir la velocidad del agua a lo largo de un recorrido. Existen dos tipos principales de flotadores: los flotadores de superficie y los flotadores de inmersión, que permiten capturar diferentes características del flujo según su diseño:

**Los flotadores simples o superficiales:** son dispositivos que flotan en la superficie del agua y se utilizan para medir la velocidad de la corriente en esa capa superficial. Para el cálculo de la velocidad promedio, se emplea el 80 % de la velocidad medida en la superficie, ya que factores como el viento, las corrientes y las olas pueden influir en la medición. El procedimiento consiste en seleccionar un tramo de la corriente de entre 5 y 10 metros de longitud. En este tramo, se determinan las áreas en cuatro puntos específicos. Por ejemplo, si el tramo es de 10 metros, se mide el área en los puntos de 0 metros, 3.5 metros, 7.0 metros y 10 metros, y luego se obtiene un promedio.

A continuación, se utiliza un flotador, como una pelota de ping-pong, para medir el tiempo que tarda en recorrer la longitud del tramo seleccionado. La velocidad se calcula aplicando fórmula  $V = S$  (espacio) dividido por  $T$  (tiempo). Finalmente, se calcula el caudal multiplicando el área por la velocidad: Caudal = Área por velocidad.

**Flotador de inmersión o subsuperficial.** Se componen de un cesto lastrado (como una piedra u otro objeto pesado) conectado a un pequeño flotador, como una pelota de ping-pong o un corcho, mediante una cuerda. La longitud de la cuerda se ajusta para que el cesto quede a una profundidad de aproximadamente 0.40 metros por debajo de la superficie del agua. Esta disposición permite medir la velocidad en una capa más profunda y menos afectada por factores superficiales como el viento o las olas. Una vez establecida la profundidad, se mide la velocidad del flujo de agua con el flotador de inmersión, y a partir de estos datos se calcula el caudal utilizando el área del canal y la velocidad promedio obtenida.

#### **Figura 4**

##### *Método del flotador*



*Nota:* En la Figura 2 se observa a dos personas llevando a cabo la medición de la velocidad del agua utilizando el método del flotador. Tomado del Proyecto Subsectorial de Irrigación (p.82).

**2.2.7.1 Aforo Volumétrico.** Según Villon (2004), el método de aforo volumétrico es altamente efectivo para experimentos de laboratorio y para la medición de caudales en corrientes pequeñas, especialmente en áreas inclinadas donde el relieve facilita el flujo. Este método es particularmente adecuado para medir descargas en sistemas con compuertas, debido a su precisión en situaciones de caudales bajos y controlados.

**2.2.7.1 Métodos de Compuertas.** Kennedy et al. (1991) señalan que en los distritos de riego se utilizan diferentes tipos de compuertas, como las deslizantes, radiales y rectangulares, para controlar y gestionar los caudales en los canales principales. Estas compuertas funcionan como aberturas que permiten el paso del agua al elevarse y pueden operar en condiciones de descarga libre o descarga ahogada, según las características del flujo. Para emplear una compuerta como estructura aforadora, se recomienda ubicarla preferentemente antes de caídas o rápidos, de modo que facilite la descarga libre del agua. Sin embargo, en caso de existir un remanso constante, la compuerta también puede calibrarse para operar como una abertura con descarga ahogada.

## 2.2.8 Estructuras Hidráulicas

El Manual de Hidrometría (INRENA-PSI, 2005) indica que se utilizan ciertas estructuras especialmente diseñadas, conocidas como medidores o aforadores, para la medición de caudales. Estas estructuras se fundamentan en principios hidráulicos como los orificios, los vertederos y las secciones críticas.

**2.2.8.1 Aforo con Compuertas.** La compuerta es una abertura que se emplea para determinar los caudales en condiciones hidráulicas específicas, y estos son medidos en el vástago de la compuerta (INRENA-PSI, 2005).

La fórmula empleada para calcular el flujo de descarga a través de una compuerta de sección rectangular es la siguiente.

$$Q = C_d \times b \times a \times \sqrt{2 \times g \times y_1} \quad (7)$$

Donde:

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

C<sub>d</sub> = Coeficiente de la compuerta (m)

a = abertura de la compuerta (m)

b = ancho de la compuerta (m)

g = gravedad (m/s<sup>2</sup>)

y<sub>1</sub> = tirante de agua (m)

Para obtener el caudal real del flujo a través de compuertas planas, el coeficiente de descarga se calcula en función de los coeficientes previos, utilizando la siguiente ecuación.

$$C_d = \frac{C_c \times C_v}{\sqrt{1 + \frac{C_c \times a}{y_1}}} \quad (8)$$

Donde:

C<sub>c</sub> = Coeficiente de contracción.

C<sub>v</sub> = Coeficiente de velocidad

Knapp propone una fórmula para determinar el coeficiente de velocidad en compuertas verticales con descarga libre, la cual se presenta en la siguiente ecuación.

$$C_v = 0.960 + 0.0979 \times \frac{a}{y_1} \quad (9)$$

El coeficiente de contracción ha sido determinado experimentalmente por numerosos investigadores a través del estudio de la geometría del flujo. Para propósitos prácticos, se utiliza un valor de C<sub>c</sub> = 0.62 (Sotelo, 1997).

**2.2.8.2 Velocidad y Sección.** Uno de los métodos más utilizados para calcular el caudal se basa en medir el área de la sección transversal del flujo de agua y la velocidad promedio. La fórmula empleada para este cálculo es:

$$Q = Fc \times A \times V \quad (10)$$

Donde:

Q = Caudal del agua (m<sup>3</sup>/s)

A = Área de la sección transversal (m<sup>2</sup>)

v = Velocidad media del agua (m/s)

Fc = Factor de corrección.

La principal dificultad radica en calcular la velocidad media debido a que esta varía en distintos puntos de la sección hidráulica (INRENA, 2005).

### 2.2.9 Velocidad Media de una Sección

**2.2.9.1 Aforos con Correntómetro o Molinete.** Según Cadavid (2006), el aforo mediante correntómetro se basa en el método de Área-Velocidad. En actividades hidrológicas, el cálculo del área se realiza midiendo las profundidades en intervalos regulares a lo largo de la sección de control. La velocidad del flujo se determina utilizando instrumentos como el molinete o sensores de velocidad, que permiten obtener mediciones precisas en cada punto de la sección transversal.

Según Gonzales (2001), el correntómetro o molinete es un dispositivo utilizado para medir la velocidad de una corriente en distintos puntos y a diversas profundidades. Cuando la corriente es poco profunda, el molinete se puede montar en una varilla, mientras que en corrientes más profundas se emplea una sonda. Sin embargo, no se recomienda su uso cuando hay una gran cantidad de sólidos flotantes, ya que estos pueden interferir con el movimiento del rodete.

El molinete está compuesto por un rodete, que puede ser una hélice o una rueda de copas, y un dispositivo que mide las revoluciones del rodete. Su funcionamiento se basa en que, cuando la corriente de agua ejerce una fuerza sobre el rodete, este gira, y el número de vueltas por unidad de tiempo es directamente proporcional a la velocidad del agua. A medida que la velocidad del flujo aumenta, también lo hace el número de revoluciones del rodete.

El dispositivo de detección mide las revoluciones del rodete, y a partir de estos datos se calcula la velocidad del agua aplicando una ecuación o una gráfica calibrada. Cada molinete tiene una ecuación característica de la forma:

$$V = m \times N + b \quad (11)$$

Donde:

V = velocidad del agua (m/s)

m = pendiente (%)

N = Numero de revoluciones por minuto (min)

b = factor de ajustes

Para que el molinete pueda ser utilizado de manera efectiva, es fundamental que el fabricante proporcione la curva o ecuación de operación correspondiente al equipo, la cual debe aplicarse dentro del rango para el cual fue calibrado.

Para calcular la velocidad media de un curso de agua, es necesario realizar mediciones de velocidad en dos, tres o más puntos a diferentes profundidades a lo largo de la sección del canal (INRENA, 2005).

Cadavid (2006) sostiene que el aforo se completa mediante el cálculo de caudales menores o incrementos de caudal, cuya suma determina el caudal total en la sección hidráulica. Esto implica que:

$$Q = \sum_{i=1}^m \Delta \times Q_i \times b \quad (12)$$

Para establecer cada incremento de caudal, es necesario dividir la sección hidráulica en m pequeñas áreas  $\Delta A_i$ .

Cada incremento de caudal se evalúa por medio de la ecuación debidamente adaptada:

$$\Delta Q_i = \bar{v}_i \times \Delta \times A_i \times b \quad (13)$$

$\bar{v}_i$  = es la velocidad media asociada al área discreta.

Para el cálculo, ésta se hace equivalente a la media aritmética de las velocidades medias del flujo sobre las verticales  $y_j, y_{j+1}$ . Éstas delimitan la i-ésima área.

$$\bar{v}_i = \frac{\bar{v}_j + \bar{v}_{j+1}}{2} \quad (14)$$

**Distribución de velocidad.** Según Chow (1994), la distribución de velocidades en un canal no es uniforme en su sección debido a la presencia de la superficie libre y a la fricción a lo largo de las paredes del canal. La velocidad máxima medida en canales convencionales suele presentarse por debajo de la superficie libre, a una distancia que varía entre 0.05 y 0.25 veces la profundidad. Además, cuanto más cerca se encuentre del lecho del canal, más profundo será este punto máximo de velocidad.

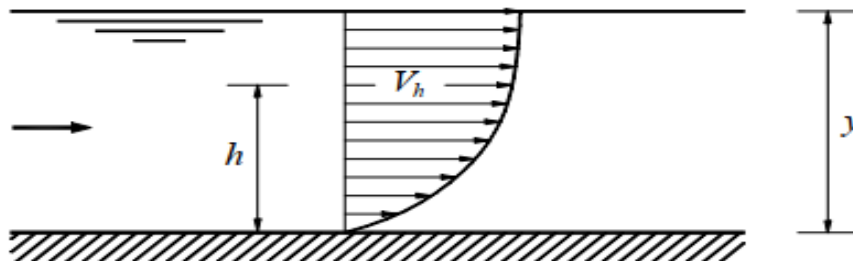
La distribución de velocidades en una sección de canal también está influenciada por otros factores, como la geometría particular de la sección, la rugosidad del canal y la existencia de curvas.

Según Rocha (2007), en canales y tuberías, el flujo es esencialmente tridimensional en cada punto de la corriente, lo que significa que el vector de velocidad presenta componentes en las tres direcciones. Para analizar la variación de velocidades en la sección, es fundamental considerar la forma de la sección transversal, ya que las características geométricas del contorno determinan la curva de distribución de velocidades.

En el caso más simple de un canal de ancho infinito, solo se ve afectado por la influencia del fondo, lo que reduce el flujo a un comportamiento bidimensional. En este contexto, cada punto de la sección tiene una velocidad específica ( $v_h$ ). La velocidad es máxima en la superficie y mínima en el fondo. A continuación, se presenta el esquema característico de la distribución de velocidades en este tipo de flujo.

**Figura 5**

*Distribución de velocidades en un canal.*



*Nota:* La figura 3 representa la distribución de velocidades de un canal de ancho infinito. Tomado de Rocha (p.16)

Denominamos  $V_h$  a la velocidad que existe a la distancia  $h$  del contorno en este caso del fondo. La curva que expresa la relación entre  $V_h$  y  $h$  se llama curva de distribución de velocidades.

En un canal de ancho infinito, la velocidad máxima se encuentra en la superficie, ya que no hay resistencia lateral. Sin embargo, en un canal rectangular angosto, las paredes laterales ejercen una influencia significativa sobre el flujo, lo que provoca que la velocidad máxima se desplace por debajo de la superficie. A medida que el canal se vuelve más estrecho, esta influencia aumenta, y la ubicación de la velocidad máxima se sitúa a mayor profundidad respecto a la superficie. Los valores comunes para esta ubicación suelen estar entre el 75% y el 90% de la profundidad total del canal ( $0.75y$  a  $0.9y$ ).

La distribución de velocidades depende, entre otros factores, del nivel de turbulencia. Otros aspectos clave que influyen en esta distribución son la rugosidad del contorno y la alineación del canal.

Para números de Reynolds elevados, se considera que el flujo es plenamente desarrollado, lo que implica que la distribución de velocidades tiende a ser uniforme en la

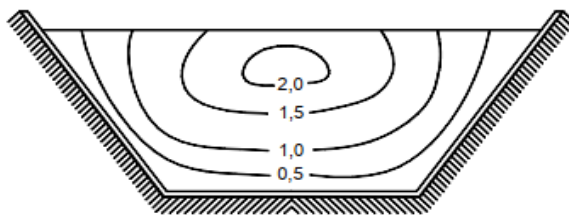
mayor parte de la sección transversal. Sin embargo, cerca del contorno, donde los esfuerzos viscosos y los gradientes de velocidad son significativos, la uniformidad se ve afectada.

En cambio, en un flujo laminar, el gradiente de velocidad es pronunciado a lo largo de toda la sección transversal, resultando en una curva de distribución de velocidades con una forma parabólica. Tratándose de canales el caso más frecuente es el de las secciones trapeciales o rectangulares, en las que no puede dejarse de considerar la influencia de las paredes, en las que la velocidad debe también ser nula. Se tendrá entonces una distribución transversal de velocidades.

Para ilustrar la distribución de velocidades en la sección transversal se indica en el esquema de la figura 4 la sección de un canal en el que se ha dibujado las curvas que unen los puntos de igual velocidad (isotacas). Esta velocidad se ha relacionado con la velocidad media. Así la curva que tiene el numero 2 significa que todos sus puntos tienen la velocidad que es el doble de la velocidad media.

**Figura 6**

*Isotacas en un canal de sección trapecial.*

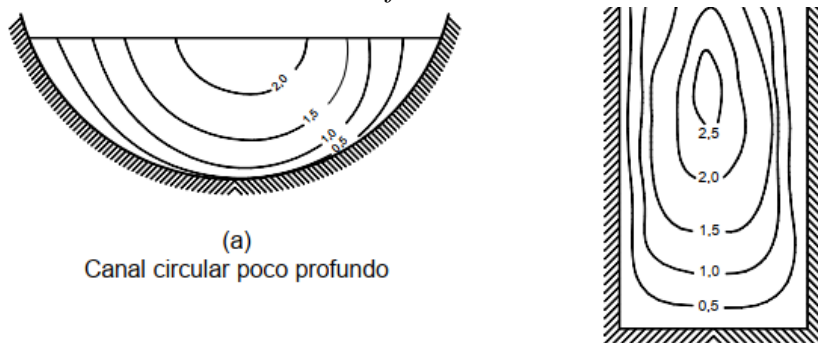


*Nota:* La figura 4 representa la distribución de velocidades de un canal trapecoidal. Tomado de Rocha (p.19)

En la siguiente figura 5 se presentan con carácter ilustrativo las distribuciones de velocidades típicas para diferentes secciones transversales. El alineamiento del conducto y la simetría de la sección también son factores determinantes de la curva de distribución de velocidades.

**Figura 7**

*distribución de velocidades en diferentes secciones transversales.*



(a)  
Canal circular poco profundo

(b)  
Canal rectangular angosto

*Nota:* La figura 5 representa la distribución de velocidades de un canal rectangular. Tomado de Rocha (p.19)

**Velocidad de flujo.** Según Arboleada et al. (2018), la cuantificación de la velocidad media en cada vertical se realiza mediante un procedimiento que se basa en mediciones en puntos específicos de dicha vertical. La ubicación de estos puntos depende de la magnitud de la profundidad.

**Tabla 1**

*Valores para el cálculo de la velocidad media del flujo.*

Nº de puntos	Rango de profundidad $y_j$ (m)	Velocidad media
1	$0.30 \leq y_j \leq 0.60$	$V_{media} = V_{0.6}$
2	$0.60 \leq y_j \leq 3.00$	$V_{media} = \frac{V_{0.2} + V_{0.8}}{2}$
3	$3.00 \leq y_j \leq 6.00$	$V_j = \frac{V_{0.2} + 2V_{0.6} + V_{0.8}}{4}$
4	$y_j > 6.00$	$V_j = \frac{V_s + 2V_{0.2} + 3V_{0.6} + 3V_{0.8} + V_f}{10}$

*Nota.* Tomado del manual de hidrometría (p.22)

**2.2.9.2 Métodos de Cálculo.** Conocida el área ( $a_i$ ), y multiplicada por la velocidad media ( $V_i$ ), ambos valores parciales, se obtienen caudales pequeños por cada franja vertical; cuya suma equivale el caudal total de la sección hidráulica.

$$Q = \sum_{i=1}^n a_i \times v_i = \sum_{i=1}^n q_i \quad (15)$$

Donde:

$Q$  = Caudal total ( $m^3/s$ )

$a_i$  = Área de la franja ( $m^2$ )

$V_i$  = Velocidad de la franja ( $m/s$ )

$q_i$  = Caudales parciales ( $m^3/s$ )

$i = 1,2,3,\dots,n$  franjas.

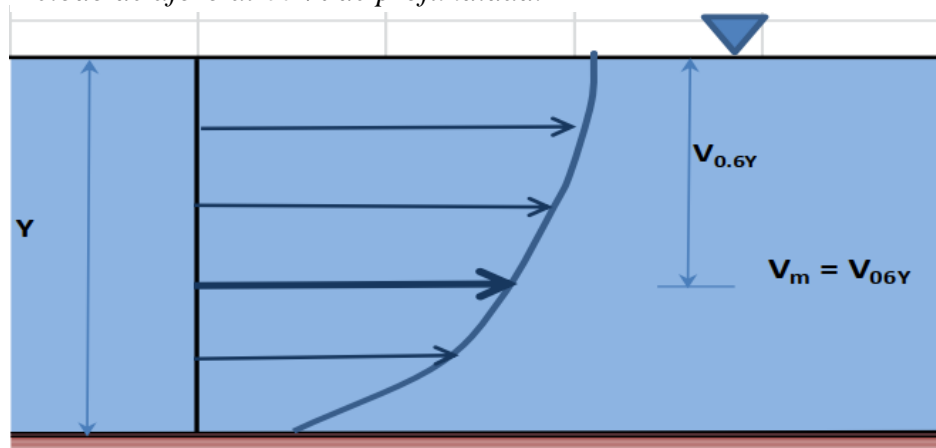
**Método 1: Método de un punto**

Este método consiste en obtener la velocidad colocando el molinete a 0.6 de profundidad a partir de la superficie, considerando esta medición como la velocidad media ( $V_m$ ) en la vertical. Se aplica este método cuando las profundidades en la vertical sean inferiores a 0.50m.

$$V_m = V_{0.6y} \quad (16)$$

**Figura 8**

*Método de aforo al 60 % de profundidad.*



Nota: En la figura 8 se indica el análisis gráfico del método 1 con la velocidad media a  $0.60Y$  del tirante. Tomado de del manual de hidrometría (p.23).

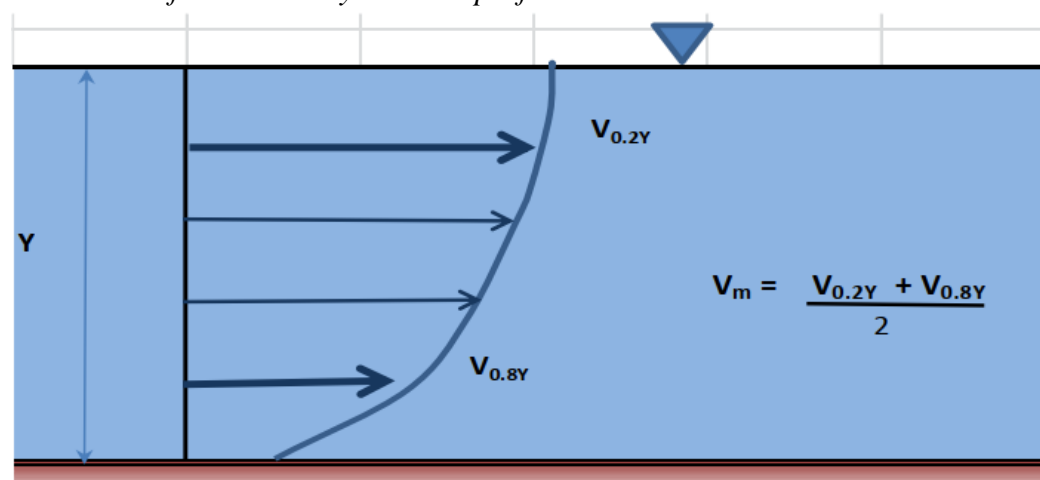
**Método 2: Método de dos puntos.**

Este método consiste en obtener la velocidad colocando el molinete a  $0.2$  y  $0.8$  de profundidad a partir de la superficie o fondo del cauce por lo que la velocidad media en la vertical se obtiene de la siguiente forma este método se aplica cuando las profundidades en la vertical son superiores a  $0.50m$ .

$$V_m = \frac{(V_{0.2Y} + V_{0.8Y})}{2} \quad (17)$$

**Figura 9**

*Método de aforo al 20 % y 80 % de profundidad.*



Nota: En la figura 9 se indica el análisis gráfico del método 2 con la velocidad media a  $0.2$  y  $0.8$  del tirante. Tomado de del manual de hidrometría (p.23).

## 2.3 Definición de Términos

**Área Hidráulica**, el área hidráulica se refiere a la superficie de la sección transversal que ocupa el líquido dentro del conducto.

**Eficiencia Hidráulica**, la eficiencia hidráulica se define como la relación entre la capacidad de captación, transporte, transmisión y distribución de líquidos en el área de abastecimiento de energía hidroeléctrica en el sector urbano, en comparación con la capacidad total del sistema disponible.

**Correntómetro**, el correntómetro Global Water FP111 es un instrumento utilizado para medir la velocidad de flujo del agua en ríos, arroyos, canales y otros cuerpos de agua. Es un dispositivo portátil, que consta de una hélice de rotación libre unida a un sensor y una vara extensible. La hélice gira al entrar en contacto con el flujo de agua, y la velocidad de rotación se convierte en una medida de la velocidad del agua.

**Filtración**, la filtración se refiere al paso no deseado de agua a través de fisuras, juntas o defectos en el material de revestimiento que cubre el canal. Aunque el revestimiento (como concreto, asfalto o geomembranas) se utiliza para reducir las pérdidas de agua, la filtración puede ocurrir si hay grietas, mala construcción o desgaste del material. Esta pérdida de agua puede disminuir la eficiencia del canal y afectar su capacidad de transporte.

**Fluido**, Es una sustancia que, al ser sometida a un esfuerzo de corte, se deforma de manera continua y fluye, adaptándose a la forma del recipiente que lo contiene.

**Grietas**, Son aberturas no controladas que atraviesan todo el espesor de un elemento superficial. Se caracterizan por ser hendiduras o fisuras longitudinales con un ancho superior a 1 mm, originadas por diversas causas, como acciones externas o defectos en el material.

**Fisuras**, Son aberturas incontroladas que afectan únicamente la superficie de un elemento o su acabado superficial, sin comprometer su espesor total.

**Hidrometría**, Según el Manual de Hidrometría (SENAMHI, 2018), la hidrometría es la técnica de medición del agua en cuerpos como riachuelos, ríos o canales. Su objetivo es recopilar y proporcionar datos sobre la distribución espacial y temporal del agua en la superficie terrestre. La palabra proviene del griego "hydro" (agua) y "metría" (medición).

### **Infiltración**

Según Castillo (2010), el proceso mediante el cual el agua se infiltra desde la superficie del terreno hacia el suelo comienza con la satisfacción de la deficiencia de humedad en las capas superiores del suelo. Una vez que se alcanza un nivel adecuado de humedad, el agua continúa su recorrido y pasa a formar parte del agua subterránea, saturando los espacios vacíos del subsuelo.

**Infiltración**, Según Castillo (2010), este proceso inicia cuando el agua se infiltra desde la superficie del terreno hacia el suelo, satisfaciendo primero la deficiencia de humedad en las capas superiores. Una vez alcanzado un nivel adecuado de humedad, el agua desciende y se convierte en agua subterránea, saturando los espacios vacíos del subsuelo.

**Infraestructura Mayor de Riego**, Se refiere a las obras de gran envergadura que incluyen presas de embalses, bocatomas, túneles de derivación, canales de derivación y las obras de arte relacionadas.

**Infraestructura Menor de Riego**, Se refiere principalmente a la red de canales laterales de diferentes tipos y a las obras de arte construidas a lo largo de estos, que incluyen tomas de agua, aforadores, sifones, alcantarillas, disipadores de energía y partidores, entre otros.

**Medición del Caudal**, Según el Manual de Hidrometría (INRENA-PSI, 2005), la hidrometría se refiere a la cuantificación del caudal, que es la cantidad de agua que atraviesa la sección transversal de un río, canal o tubería en un tiempo determinado. Este proceso, conocido como aforo, es fundamental para gestionar adecuadamente el uso y la distribución del agua. Para medir el caudal, se utilizan medidores de flujo, que aplican diferentes principios mecánicos o físicos para cuantificar el flujo de agua.

**Red Hidrométrica**, Según el Manual de Hidrometría (SENAMHI, 2018), la red hidrométrica se refiere al conjunto de estaciones hidrométricas que operan en una cuenca, región hidrográfica o país, siguiendo un plan de observaciones hidrológicas. En Perú, el SENAMHI es el encargado de administrar la Red Nacional de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas.

**Vertedero**, Es un dispositivo utilizado para regular y medir caudales en ríos y canales abiertos, siendo especialmente eficaz para controlar y medir pequeños caudales de líquidos. Un vertedero consta de un corte de forma y acabado geoméricamente definidos en una plancha resistente, por donde escurre el líquido, manteniendo la superficie libre.

## 2.4 Hipótesis

La eficiencia de conducción del canal Jancu en su estado actual, desde la progresiva 0.000 km al 5 + 140 km, Huaraz 2023 será mayor al 70 %.

## 2.5 Variables

### Variable independiente

Canal Jancu en su estado actual

### Variable dependiente

Eficiencia de conducción.

### III. MATERIALES Y METODOLOGÍA

#### 3.1 Materiales

##### 3.1.1 *Materiales*

Wincha de 10 m.

Cámara fotográfica de alta resolución.

Pintura.

Cuaderno de campo.

##### 3.1.2 *Equipos de Laboratorio*

Correntómetro digital, analógico.

Estación total.

Trípode.

Prismas.

GPS Navegador, Garmin Map 65s.

Dron DJI.

##### 3.1.3 *Equipos de Gabinete*

Ordenador portátil

Impresora

Programas de Microsoft Office (Word y Excel)

Software Civil 3D 2021 Metric

Software S10

Google Earth pro

Papel bond

## **3.2 Metodología**

### **3.2.1 Tipo de Investigación**

La investigación es de tipo aplicada, como lo define Hernández (2019), ya que su propósito es utilizar conocimientos básicos de ingeniería para evaluar y determinar la eficiencia de la infraestructura hidráulica del canal Jancu.

### **3.2.2 Nivel de Investigación**

Descriptiva.

### **3.2.3 Diseño de Investigación**

No experimental.

### **3.2.4 Población y Muestra**

#### **3.2.4.1 Población**

La población está conformada por el canal Jancu desde la progresiva 0+00 km al 5.140 km que corresponde a la localidad de Jancu.

#### **3.2.4.2 Muestra**

La muestra utilizada en esta investigación abarca la totalidad de la población, dado que el tramo evaluado es relativamente pequeño. Además, se trata de una muestra no probabilística de tipo intencional, seleccionada estratégicamente para garantizar que los datos recojan las características del canal en estudio.

### 3.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección y Análisis de Datos

Falcon y Herrera (2005) definen la técnica de recolección de datos como "el procedimiento o forma particular de obtener datos o información (...) la aplicación de una técnica conduce a la obtención de información, la cual debe ser resguardada mediante un instrumento de recolección de datos"

Según Bernal (2000), la credibilidad de la observación directa aumenta constantemente y su uso se ha vuelto más común, ya que permite obtener información directa y confiable, siempre que se realice a través de un programa sistemático y altamente controlado.

En la investigación se recopiló información in situ, en el canal de riego Jancu que es el lugar de estudio. En este contexto, la técnica de investigación utilizada fue la observación directa.

#### 3.3.1 Instrumento de Recolección de Datos: Ficha de Recolección de Datos

Para Arias (2016), en la observación estructurada, se utilizan las pautas previamente diseñadas, que especifican los elementos a observar.

Conforme a lo explicado, el instrumento de investigación utilizado correspondió a una ficha de recopilación de datos del laboratorio de calidad ambiental de la UNASAM.

#### 3.3.2 Plan de Muestreo

En las tablas 2, 3 y 4 se presenta la matriz utilizada para la recopilación de datos. Estos formatos del laboratorio de calidad ambiental facilitaron el registro de las mediciones de velocidades a distancias específicas dentro de cada sección transversal seleccionada, lo cual fue esencial para el análisis posterior y la obtención de resultados.

**Tabla 2**

*Para la obtención de datos primarios de velocidades.*

Datos primarios – de campo											
Nº	Ancho del Cause (m)	Tramos	Distancia Entre PTS (cm)	Tirante (cm)	Porcent. (%)	Velocidades (m/s)					
1	x	A-B	x	x	20%	x	x	x	x	x	x
3		B-C	x	x	60%	x	x	x	x	x	x
4		C-D	x	x	80%	x	x	x	x	x	x

*Nota:* En la tabla 2 se muestra la matriz para la recolección de datos de las velocidades que se midieron con el correntometro.



**Tabla 4**

*Matriz de registro de datos obtenidos in situ.*

Ficha para el registro de datos de velocidad de canal rectangular				
Sección #		Localización		
Fecha:		Norte:		
Progresiva:		Este:		
Elaborado por:		Roberth Oliveros		Elevación:
y		Velocidades (m/s)		
%	m	x1	x2	x3
20		1	2	3
60		4	5	6
80		7	8	9

*Nota:* En la tabla 4 se muestra la matriz para la recolección de datos de las secciones trapezoidales.

Las técnicas e instrumentos para la recolección de datos se analizan en esta investigación en función a cada objetivo específico, como se detalla a continuación:

**Objetivo específico 1,** “Diagnosticar el estado actual del canal Jancu, evaluando desde la progresiva 0 + 000 km hasta 2 + 060 km, que es de mampostería, y desde la progresiva 2 + 060 km hasta 5 + 140 km, es un canal de concreto simple ( $f^c = 175 \text{ kg/m}^2$ ), revestido”: La primera actividad consistió en una visita de campo para evaluar el estado actual de la infraestructura del canal mediante la técnica de observación directa, cuyos resultados se presentan en el anexo A. Para ello, se utilizaron los siguientes equipos: una cámara fotográfica Nikon D7500 y una cinta métrica.

**Objetivo específico 2**, “Realizar el levantamiento topográfico del eje del canal Jancu utilizando una estación total, desde la progresiva 0 + 000 km hasta 5 + 140 km”. La actividad se llevó a cabo utilizando los siguientes equipos e instrumentos, entre ellos: estación total, trípode, bastón, prisma, GPS y altímetro. Además, se emplearon herramientas como cinta métrica y soga, así como el software AutoCAD Civil 3D Metric. Para asegurar la precisión, se utilizó un punto estratégico y se orientó con tres puntos, lo que garantizó un levantamiento topográfico adecuado. Los datos se recopilaron en formato PENZD (punto, este, norte, elevación y descripción) a partir de las coordenadas del punto geodésico.

**Objetivo específico 3**, “Realizar el aforo utilizando un correntómetro en los tramos seleccionados desde la progresiva 0 + 000 km hasta 5 + 140 km, y presentar la distribución de velocidades de las seis secciones”. Se llevó a cabo utilizando el equipo Global Water, modelo FP111 de la serie 1302000240, para medir las velocidades de las seis secciones seleccionadas. Además, se empleó una laptop Dell Ryzen 7 para calcular las áreas y la distribución de velocidades. Las herramientas incluyeron una cinta métrica para medir el ancho del canal y una mira para medir la profundidad en cada sección.

**Objetivo específico 4**, “Estimar los caudales del canal de conducción Jancu en su estado actual, abarcando desde la progresiva 0 + 000 km hasta 5 + 140 km.”: Una vez calculadas las dimensiones geométricas y las velocidades en campo con el correntómetro, en gabinete se realizaron los cálculos utilizando una laptop Dell. Además, se emplearon herramientas como el software AutoCAD Civil 3D 2021 Metric para determinar los caudales de los seis tramos, ajustando las mediciones según los parámetros establecidos.

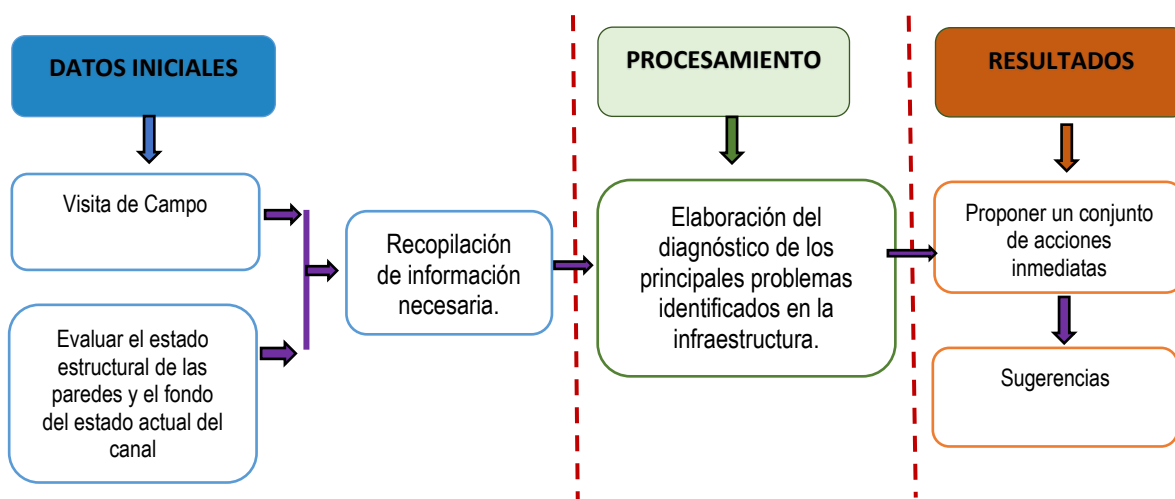
**Objetivo específico 5**, “Calcular el presupuesto aproximado para el mejoramiento del estado actual del canal Jancu, desde la progresiva 0 + 000 km hasta 5 + 140 km, utilizando el diagnóstico y el levantamiento topográfico previamente realizados”. Se realizó mediante el uso del software S10, AutoCAD Civil 3D 2021 Metric y Excel. El software S10 se utilizó para la elaboración del presupuesto, mientras que AutoCAD Civil 3D 2021 Metric facilitó la representación visual y el diseño de la infraestructura. Por su parte, Excel se empleó para el manejo y análisis de datos, permitiendo organizar y realizar los cálculos necesarios para el presupuesto.

### **3.4 Plan de Procesamiento y Análisis Estadístico de Datos**

**Respecto al objetivo específico 1**, “Diagnosticar el estado actual del canal Jancu, evaluando desde la progresiva 0 + 000 km hasta 2 + 060 km, que presenta revestimiento de mampostería, y desde la progresiva 2 + 060 km hasta 5 + 140 km, que está revestido con concreto simple ( $f'c = 175 \text{ kg/m}^2$ )”.

**Figura 10**

*Flujograma para el diagnóstico del estado actual del canal.*

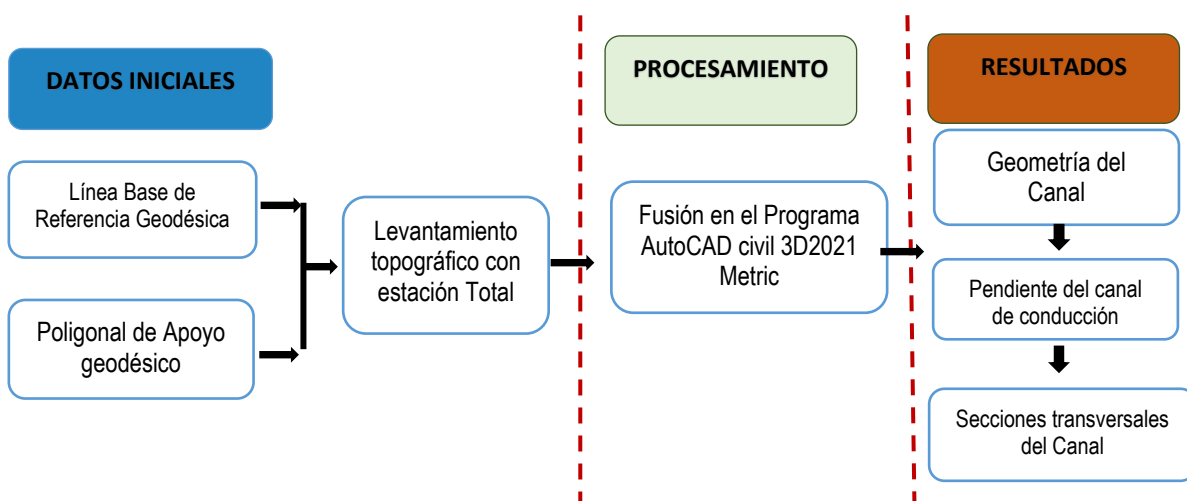


La primera actividad consistió en realizar una visita de campo para evaluar el estado actual de la infraestructura del canal. A continuación, se recopiló la información necesaria, incluyendo fotografías de apoyo, para llevar a cabo una evaluación completa. Con base en las observaciones realizadas en el campo, se elaboró un diagnóstico de los principales problemas identificados en la infraestructura. Posteriormente, se propuso acciones tanto inmediatas como a mediano plazo, justificando cada una de ellas. Además, se ofrecieron sugerencias para la implementación de estas acciones.

*Respecto al objetivo específico 2, “Realizar el levantamiento topográfico del eje del canal Jancu utilizando una estación total, desde la progresiva 0 + 000 km hasta 5 + 140 km.”*

**Figura 11**

*Flujograma del proceso del levantamiento topográfico.*

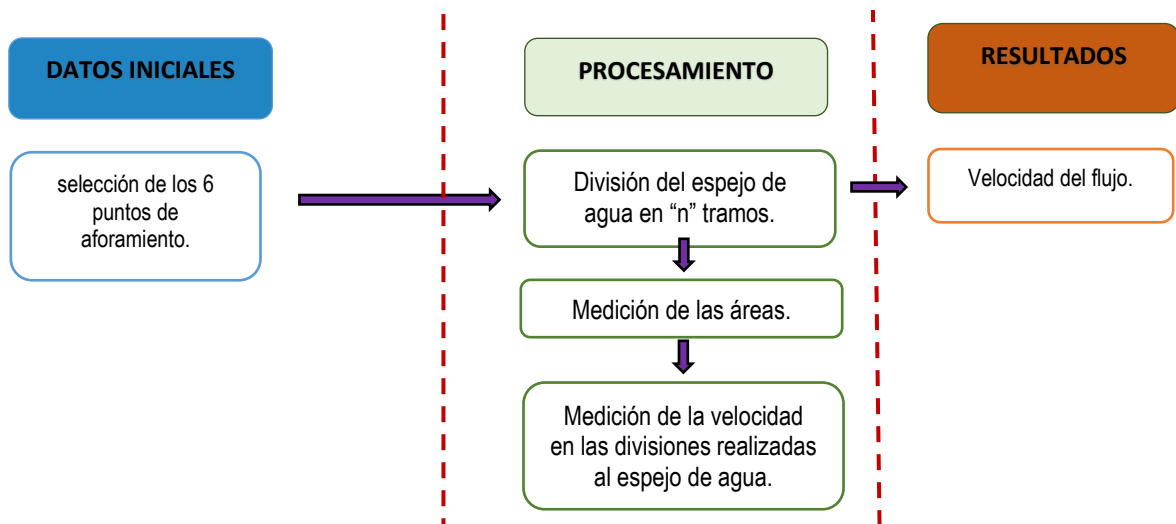


Los datos obtenidos en campo (PENZD) se procesaron en el software AutoCAD Civil 3D 2021 Metric. En este programa, se creó una superficie utilizando la información del levantamiento topográfico. A partir de esta superficie, se generaron las curvas de nivel, que permitieron visualizar los datos obtenidos de manera planimétrica y altimétrica. Posteriormente, se definió el eje del canal y las seis secciones transversales a lo largo del eje del canal, lo que facilitó un análisis detallado de la infraestructura.

**Respecto al objetivo específico 3,** “Realizar el aforo utilizando un correntómetro en los tramos seleccionados desde la progresiva 0 + 000 km hasta 5 + 140 km, y presentar la distribución de velocidades en dichos tramos.”

**Figura 12**

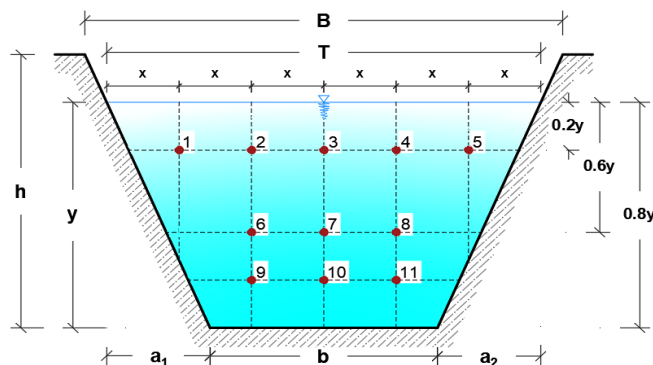
*Flujograma para la estimación de la eficiencia de conducción del canal.*



Para poder determinar la eficiencia de conducción, se procedió a realizar el aforo con el correntómetro, dividiendo las secciones transversales en 5 franjas para llevar a cabo el estudio. Estas franjas se establecieron en función del espejo de agua, y en cada una de ellas se midieron el área y la velocidad media, calculando así el caudal que pasaba por cada franja.

**Figura 13**

*Método del área - velocidad*



*Nota:* Grafico para la determinación de velocidades con el correntómetro a diferentes profundidades.

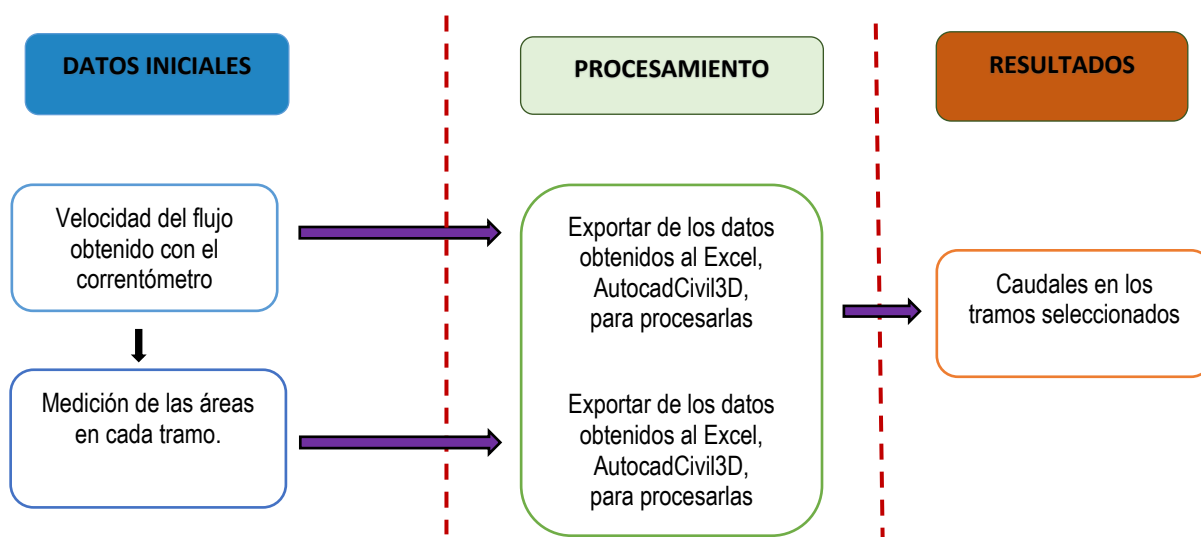
Para realizar el aforo en cada punto, se llevó a cabo de la siguiente manera:

Se midió el espejo de agua del canal, luego se dividió el espejo de agua en un número “n” de tramos y se midió en cada vertical la profundidad “y”. Se colocó el correntómetro a profundidades de (0.2y, 0.6y, 0.8y). Los métodos utilizados en el aforo para calcular la velocidad media fueron el método 1 y el método 2, antes mencionados.

**Respecto al objetivo específico 4**, “Estimar los caudales del canal de conducción Jancu en su estado actual, abarcando desde la progresiva 0 + 000 km hasta 5 + 140 km”.

**Figura 14**

*Flujograma para la estimación de los valores que alcanzan los caudales del canal.*

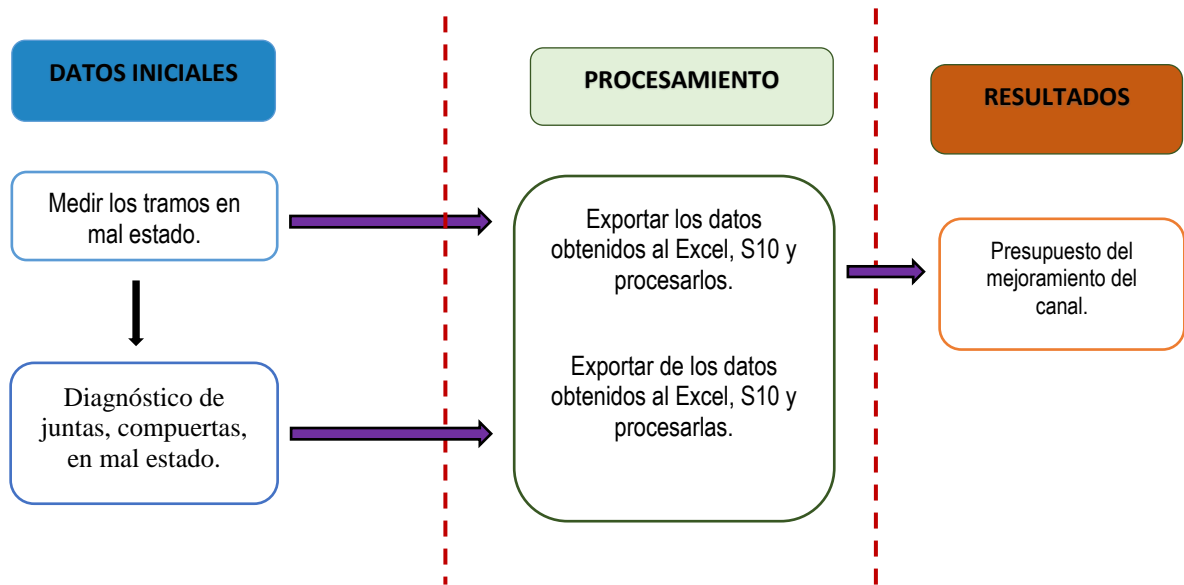


Se procesaron los datos obtenidos de la medición de la velocidad de flujo con el correntómetro, así como las áreas correspondientes en cada tramo. Posteriormente, se exportaron estos datos a Excel para un análisis detallado y a AutoCAD Civil 3D para facilitar el metrado y el cálculo de los caudales. Este enfoque integral permitió una evaluación precisa de la eficiencia del sistema de conducción y aseguró que los resultados fueran claros y accesibles para futuras referencias y decisiones de diseño.

*Respecto al objetivo específico 5, “Calcular el presupuesto aproximado para el mejoramiento del estado actual del canal Jancu, desde la progresiva 0 + 000 km hasta 5 + 140 km, utilizando el diagnóstico y el levantamiento topográfico previamente realizados”.*

**Figura 15**

*Flujograma del procedimiento para el cálculo del costo necesario para el mejoramiento del canal.*



Se procesaron los datos obtenidos de las mediciones a lo largo de todo el canal, considerando el estado de la estructura. Para el metrado, se utilizaron Excel y AutoCAD Civil 3D. Además, se empleó el software S10 para analizar los datos y elaborar el presupuesto destinado al mejoramiento del canal.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Resultados

#### **Respecto al objetivo específico 1:**

“Diagnosticar el estado actual del canal Jancu, evaluando desde la progresiva 0 + 000 km hasta 2 + 060 km, que presenta revestimiento de mampostería, y desde la progresiva 2 + 060 km hasta 5 + 140 km, que está revestido con concreto simple ( $f'c = 175 \text{ kg/m}^2$ )”.

El canal Jancu inicia en la bocatoma ubicada en el margen izquierdo del río Shallap y tiene una longitud de 5+140 km, de los cuales 2+060 km están construidos de mampostería y 3+080 km de concreto, los cuales son utilizados para el riego de las áreas agrícolas de los pobladores de Shallap-Huapish-Toclla. Por lo tanto, es crucial realizar un mantenimiento continuo del canal.

Con base en la estructura operativa del área de estudio, se realizó una inspección de campo para examinar cada sección del canal, evaluando su estado de conservación y mantenimiento. Esto se centró especialmente en los revestimientos, juntas y compuertas, así como en las estructuras hidráulicas que facilitan el control de la conducción del agua durante el servicio de riego a los usuarios. Se determinó que la infraestructura física se encuentra en un estado deficiente para su operación, regulación y conducción del agua de riego. A continuación, se destacan los aspectos más relevantes:

La infraestructura del canal presenta un notable déficit de mantenimiento, tal como se evidencia en las imágenes del anexo A y el diagnóstico detallado en el anexo B. Estos documentos muestran roturas, grietas y fisuras en las paredes del canal, acumulación de malezas y sedimentación, así como juntas deterioradas en mal estado. A esto se suma el desgaste de las compuertas laterales, lo cual agrava las dificultades en la conducción, control y entrega oportuna del agua a los usuarios, afectando la eficiencia del sistema de riego y, en consecuencia, la disponibilidad de agua para los cultivos.

Específicamente, las imágenes del anexo A ilustran las condiciones de conservación del canal Jancu en el área de estudio. Se observó que los primeros 2 kilómetros del canal presentan un estado deficiente para su funcionamiento, mientras que los 3+140 km restantes se encuentran entre estado regular y bueno, aunque con fisuras y fugas, juntas en mal estado y tomas laterales deterioradas debido al desgaste de las compuertas metálicas.

#### ***Respecto al objetivo específico 2:***

Se llevó a cabo un levantamiento topográfico detallado del canal Jancu utilizando estación total y dron. Este proceso se realizó con un intervalo de medición de aproximadamente 40 metros, lo que permitió establecer las características geométricas del

canal, incluyendo su forma rectangular y trapezoidal. Durante el levantamiento, se determinó que la pendiente longitudinal del canal oscila entre el 0.6% y el 0.8%. Además, este levantamiento facilitó la identificación de los tramos rectos, donde se llevaron a cabo los aforos necesarios para evaluar la eficiencia de conducción del canal. Los detalles de este levantamiento se pueden consultar en el anexo E.

**Respecto al objetivo específico 3:**

Para realizar los aforos con el correntómetro, lo primero que se hizo fue ubicar las secciones transversales adecuadas para la toma de datos hidráulicos, estableciendo así los tramos rectos como propicios para la medición. De esta manera, se fijaron 6 puntos dentro del canal que comprendían la investigación, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Por consiguiente, en la tabla 5 se detalló la ubicación en coordenadas y la cuota de terreno de los puntos de medición, los cuales se distribuyeron a lo largo del canal de estudio.

**Tabla 5**  
*Localización geográfica de los puntos de medición.*

Punto N°	Progresiva Km	Este m	Norte m	Cota m.s.n.m
1	0+010	235651.38	8947092.96	3965.38
2	0+025	235563.39	8947039.65	3965.30
3	1+500	234623.87	8947025.68	3965.07
4	2+060	234003.00	8946641.42	3955.01
5	3+500	232529.27	8946188.01	3951.23
6	5+140	231628.26	8946144.89	3949.56

Para la toma de datos se utilizó la técnica del fichaje presentada en la metodología, en la cual se registraron detalladamente todos los valores de cada sección transversal de los puntos de medición empleados en el estudio. Esta información fue recopilada el 16 de julio de 2024, junto con los encargados del laboratorio de Calidad Ambiental.

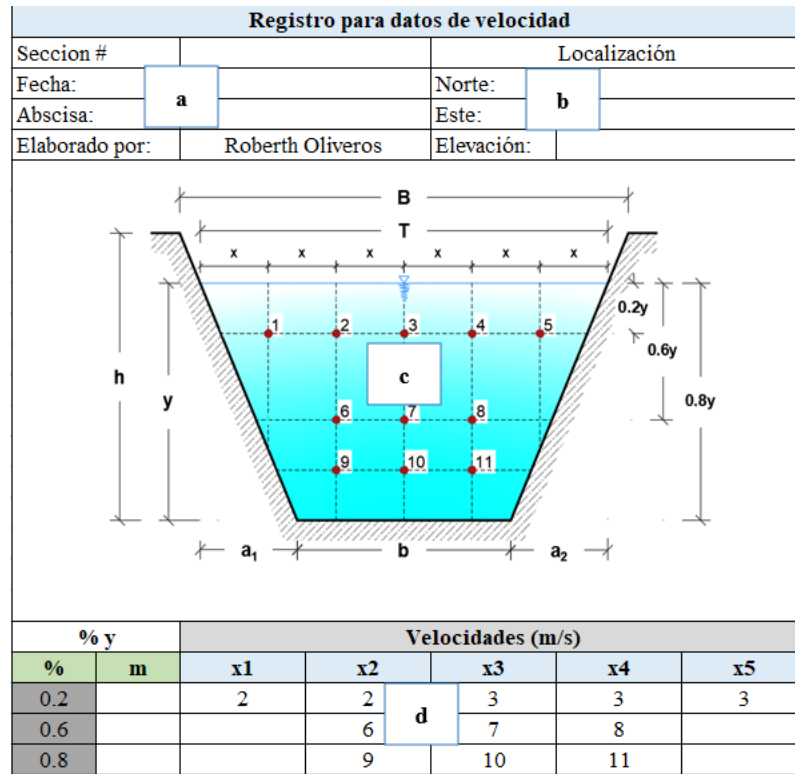
La matriz propuesta en la figura 17 está compuesta por cuatro secciones, las cuales se describen a continuación:

- a) Se incluyeron datos generales que comprendían el número de punto o sección transversal, la fecha de realización de la medición y la Progresiva correspondiente a los planos del proyecto.
- b) Ubicación geográfica del punto, con las coordenadas norte y este expresadas en el sistema UTM - WGS84, zona 18 Sur, así como la cota de terreno o elevación en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.).
- c) Geometría de la sección transversal, registrada en metros.

d) Velocidades en cada punto dentro del flujo, como se indica en la gráfica de la sección c), a distancias (x) calculadas horizontalmente según los valores obtenidos.

**Figura 16**

*Esquema de registro para toma de datos en puntos de medición.*



*Nota:* Se tomó como referencia el nivel del espejo de agua, considerando las alturas verticales del 20%, 60% y 80% del tirante de agua.

La toma de datos geométricos de cada sección se realizó con la ayuda de una regla graduada, lo que permitió obtener valores como el tirante y el ancho superficial, datos fundamentales para la medición de velocidades puntuales con el correntómetro. Para este último proceso, se utilizó el correntómetro hidráulico de la marca Global Water, modelo FP111 de la serie 1302000240, el cual está equipado con un monitor digital que facilita la lectura y el registro de velocidades puntuales en unidades programadas. En este sentido, se registraron las velocidades en metros por segundo.

**Figura 17**

*Correntómetro global water FP111.*



A continuación, se presentan los datos correspondientes a los 6 puntos de medición distribuidos a lo largo del tramo de estudio.

#### 4.1.1 Punto de Medición o Sección Transversal 1.

**Tabla 6**

*Datos primarios de campo 1.*

Nº	Ancho del Cause (m)	Tamos	Tirante (cm)	Distancia entre Ptos.	Prof. de Medición.	Velocidades (m/s)						Promedio
1	1.20	A - B	47	30	-12	0.4	0.3	0.2	0.4	0.4	0.3	0.33
					-17	0.6	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.53
					-22	0.7	0.6	0.8	0.7	0.6	0.7	0.68
					-27	0.8	0.7	0.9	0.7	0.6	0.7	0.73
					-32	0.7	0.8	0.6	0.9	0.6	0.7	0.72
					-37	0.5	0.7	0.8	0.7	0.6	0.9	0.70
					-42	0.6	0.5	0.6	0.4	0.7	0.5	0.55
2	1.20	B - C	47	30	-47	0.7	0.7	0.5	0.4	0.9	0.6	0.63
					-12	0.6	0.4	0.5	0.7	0.5	0.6	0.55
					-17	0.7	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.73
					-22	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	0.9	0.85
					-27	0.9	0.8	1.1	1.0	0.8	0.7	0.88
					-32	1.1	0.8	0.9	1.1	0.9	1.0	0.97
					-37	0.6	0.7	0.9	0.8	0.9	0.6	0.75
3	1.20	C - D	47	30	-42	0.5	0.7	0.6	0.3	0.5	0.3	0.48
					-47	0.3	0.3	0.2	0.5	0.6	0.3	0.37
					-12	0.5	0.4	0.6	0.5	0.7	0.5	0.53
					-17	0.7	0.6	0.7	0.6	0.5	0.6	0.61
					-22	0.8	0.7	0.8	0.7	0.9	0.7	0.77
					-27	0.7	0.5	0.6	1.0	0.8	0.9	0.75
					-32	0.7	0.8	0.6	0.8	0.7	0.6	0.70
4	1.20	D - E	47	30	-37	0.7	0.6	0.7	0.6	0.8	0.5	0.65
					-42	0.6	0.9	0.6	0.8	0.9	0.5	0.72
					-47	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.4	0.45
					-12	0.8	0.7	0.9	0.6	0.8	0.7	0.75
					-17	0.9	0.8	0.9	0.8	1.0	0.8	0.87
					-22	1.0	0.9	0.8	1.0	1.1	0.9	0.95
					-27	1.4	1.2	1.5	1.3	1.2	1.4	1.33
-32	1.0	1.1	1.3	1.4	1.3	1.3	1.23					
-37	1.1	0.9	1.1	1.0	1.2	1.3	1.10					
-42	1.0	0.7	0.8	0.9	0.9	0.8	0.85					
-47	0.8	0.7	0.5	0.6	0.7	0.6	0.65					

*Nota:* En la tabla 6 se muestran los datos de velocidad obtenidos en el tramo a diferentes profundidades en cada sección transversal 1, medidos con el correntómetro.

**Tabla 7**

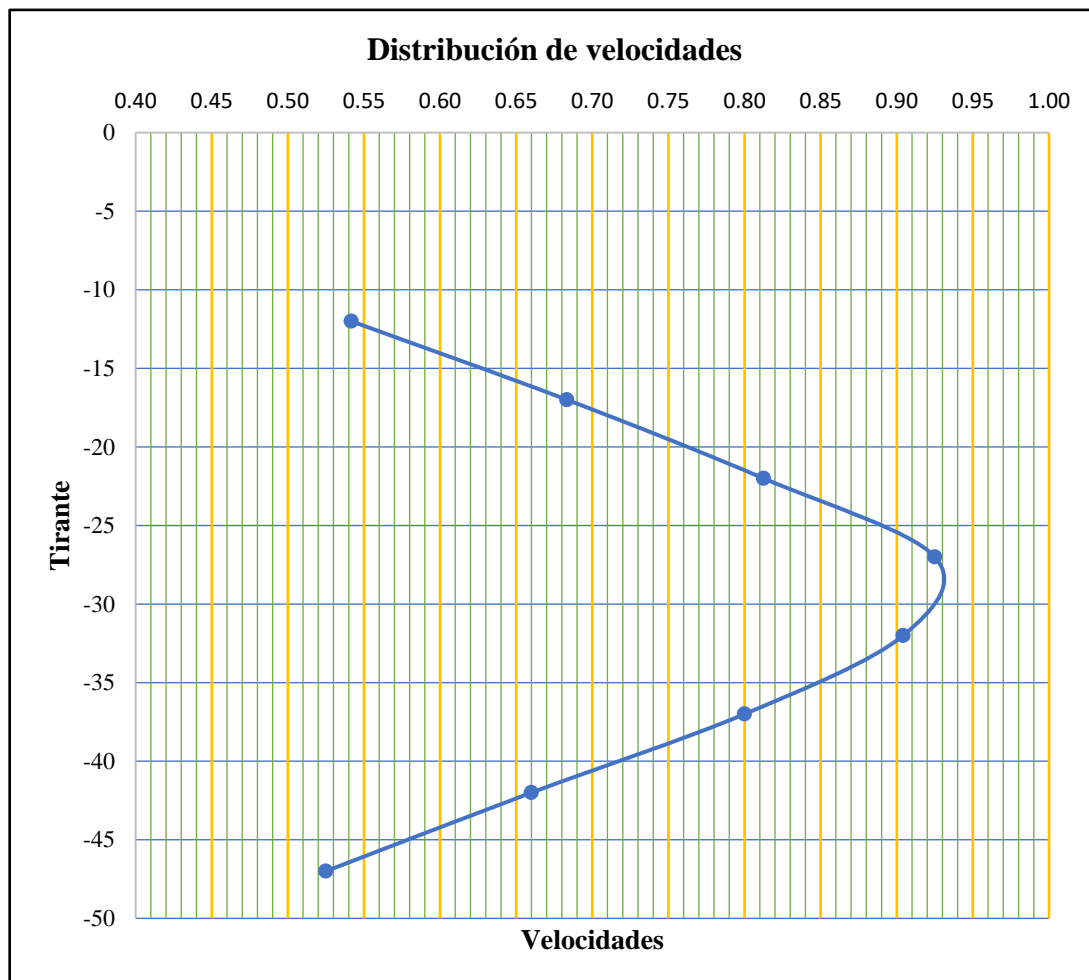
*Promedio de velocidades de acuerdo al tirante 1.*

Nº	Tirante (cm)	Prof. de Medición.	Prom. Velocidades
1	30	-12	0.54
2		-17	0.68
3		-22	0.81
4		-27	0.93
5		-32	0.90
6		-37	0.80
7		-42	0.65
8		-47	0.53

*Nota:* En la tabla 7 se muestran los resultados de velocidad a diferentes profundidades, para la gráfica de distribución de velocidades.

**Figura 18**

*Distribución de velocidades de la sección 1.*



*Nota:* la gráfica se realizó con los datos de la tabla 7, tomando como referencia 0+000 el espejo de agua para la medición de velocidades a diferentes profundidades.

**Tabla 8**

*Datos de campo de la sección 1.*

Registro para datos de velocidad					
Sección #	1		Localización:		
Fecha:	16/07/2024		Norte:	8947092.96	
Progresiva:	0+010		Este:	235651.38	
Elaborado por:	Roberth Oliveros		Elevación:	3965.38	

%y		Velocidades (m/s)			
%	m	A - B	B - C	C - D	D - E
0.20	0.09	0.50	0.68	1.10	1.43
0.60	0.28	0.57	0.88	0.75	1.33
0.80	0.37	0.48	0.68	0.65	1.10

*Nota:* En la tabla 8 se presenta los datos obtenidos en la Progresiva 0+010 km, correspondiente a la sección 1. El espejo de agua se ha dividido en 4 partes, teniendo un ancho de franja de 0.30m, permitiendo la medición de velocidades en puntos equidistantes horizontalmente a 0.20, 0.60 y 0.80 del tirante verticalmente.

#### 4.1.2 Punto de Medición o Sección Transversal 2

**Tabla 9**

*Datos primarios de campo 2.*

N°	Ancho del Cause (m)	Tamos	Tirante (cm)	Distancia entre Ptos.	Prof. de Medición.	Velocidades (m/s)						Promedio
1	1.50	A - B	39	30	-9	0.50	0.60	0.60	0.80	0.60	0.70	0.63
					-14	0.80	0.90	0.90	0.80	0.80	0.90	0.85
					-19	0.75	0.90	0.95	0.80	0.75	0.90	0.84
					-24	0.70	0.90	1.00	0.80	0.70	0.90	0.83
					-29	0.80	0.85	0.85	0.80	0.70	0.85	0.81
					-34	0.90	0.80	0.70	0.80	0.70	0.80	0.78
					-39	0.80	1.00	0.80	0.70	0.80	0.70	0.80
2	1.50	B - C	39	30	-9	0.80	0.90	0.70	0.50	0.90	0.80	0.77
					-14	0.90	1.00	0.90	0.70	0.90	0.90	0.88
					-19	1.00	0.95	0.95	0.70	0.85	0.95	0.90
					-24	1.10	0.90	1.00	0.70	0.80	1.00	0.92
					-29	0.90	0.85	0.95	0.70	0.80	0.80	0.83
					-34	0.70	0.80	0.90	0.70	0.80	0.60	0.75
					-39	0.50	0.70	0.80	0.60	0.70	0.60	0.65
3	1.50	C - D	39	30	-9	0.90	1.00	0.70	0.90	1.00	0.90	0.90
					-14	0.90	1.00	0.70	1.20	1.00	0.90	0.95
					-19	0.95	1.05	0.85	1.05	1.05	0.90	0.98
					-24	1.00	1.10	1.00	0.90	1.10	0.90	1.00
					-29	0.95	1.05	0.95	0.85	0.90	0.90	0.93
					-34	0.90	1.00	0.90	0.80	0.70	0.90	0.87
					-39	0.70	0.90	0.80	0.70	0.70	0.80	0.77
4	1.50	D - E	39	30	-9	1.00	0.90	0.60	0.90	1.00	0.70	0.85
					-14	1.00	0.90	0.60	0.90	1.10	0.70	0.87
					-19	0.95	0.95	0.70	0.80	1.00	0.75	0.86
					-24	0.90	1.00	0.80	0.70	0.90	0.80	0.85
					-29	0.80	0.90	0.70	0.75	0.80	0.75	0.78
					-34	0.70	0.80	0.60	0.80	0.70	0.70	0.72
					-39	0.60	0.70	0.80	0.50	0.70	0.50	0.63
5	1.50	E - F	39	30	-9	0.80	0.70	0.70	0.60	0.80	0.90	0.75
					-14	0.80	0.70	1.00	0.60	1.00	0.90	0.83
					-19	0.65	0.80	1.00	0.70	0.95	0.80	0.82
					-24	0.50	0.90	1.00	0.80	0.90	0.70	0.80
					-29	0.55	0.85	0.95	0.75	0.95	0.80	0.81
					-34	0.60	0.80	0.90	0.70	1.00	0.90	0.82
					-39	0.50	0.70	0.70	0.50	0.80	0.60	0.63

*Nota:* En la tabla 9 se muestran los datos obtenidos de velocidad en el tramo a diferentes profundidades en cada sección transversal 2 mediante en el correntómetro.

**Tabla 10**

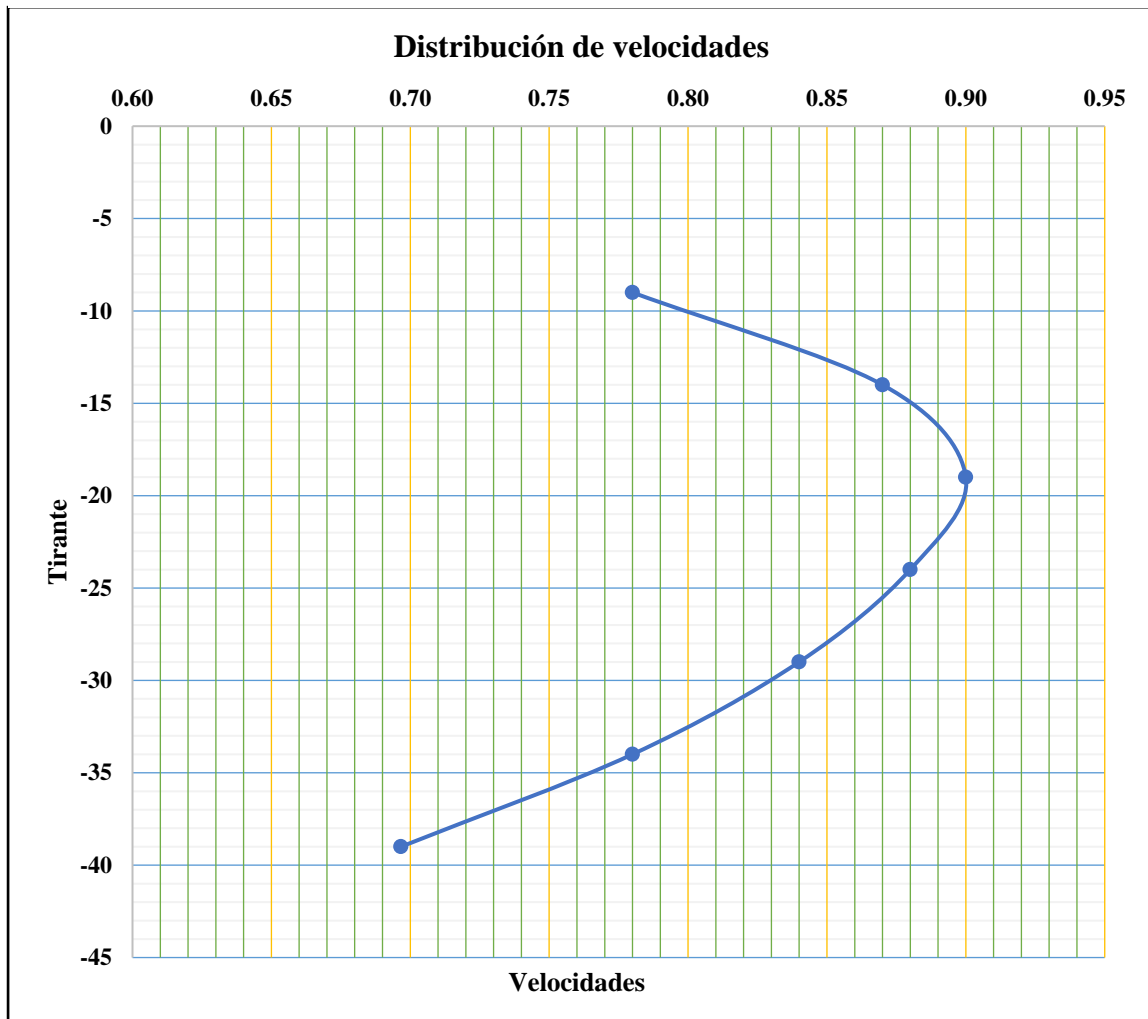
*Promedio de velocidades de acuerdo al tirante 2.*

Nº	Tirante (cm)	Prof. de Medición.	Prom. Velocidades
1	39	-9	0.78
2		-14	0.88
3		-19	0.90
4		-24	0.88
5		-29	0.83
6		-34	0.79
7		-39	0.70

*Nota:* En la tabla 10 se muestran los resultados de velocidad a diferentes profundidades.

**Figura 19**

*Distribución de velocidades de la sección 2.*



*Nota:* la gráfica se realizó con los datos de la tabla 10, tomando como referencia 0+000 el espejo de agua para la medición de velocidades a diferentes profundidades.

**Tabla 11**

*Datos de campo de la sección 2.*

Registro para datos de velocidad						
Seccion #	2		Localización			
Fecha:	16/07/2024		Norte:	8947039.65		
Progresiva:	0+025		Este:	235563.39		
Elaborado por:	Roberth Oliveros		Elevación:	3965.30		
% y		Velocidades (m/s)				
%	m	A-B	B-C	C-D	D-E	E-F
0.2	0.08	0.62	0.77	0.83	0.85	0.75
0.6	0.23	0.72	0.90	0.82	0.80	0.80
0.8	0.31	0.78	0.73	0.88	0.72	0.82

*Nota:* En la tabla 11 se presenta los datos obtenidos en la Progresiva 0+025 km, correspondiente a la sección 2. El espejo de agua se ha dividido en 5 partes, teniendo un ancho de franja de 0.30 m, permitiendo la medición de velocidades en puntos equidistantes horizontalmente a 0.20, 0.60 y 0.80 del tirante verticalmente.

### 4.1.3 Punto de Medición o Sección Transversal 3

**Tabla 12**

*Datos primarios de campo 3.*

Nº	Ancho del Cause (m)	Tamos	Tirante (cm)	Distancia entre Ptos.	Prof. de Medición.	Velocidades (m/s)						Promedio
1	1.50	A-B	35	30	-10	0.60	0.80	0.70	0.80	0.60	0.50	0.67
					-15	0.6	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.69
					-20	0.60	0.70	0.90	0.60	0.70	0.80	0.72
					-25	0.7	0.8	0.8	0.8	0.7	0.9	0.73
					-30	0.70	0.80	0.60	0.90	0.60	0.90	0.75
					-35	0.5	0.5	0.7	0.6	0.7	0.5	0.58
2	1.50	B-C	35	30	-10	0.50	0.40	0.50	0.40	0.50	0.70	0.50
					-15	0.65	0.60	0.75	0.60	0.95	1.00	0.76
					-20	0.80	0.80	1.00	0.80	1.40	1.30	1.02
					-25	0.65	0.70	0.85	0.80	1.15	1.05	0.87
					-30	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	0.80	0.72
					-35	0.7	0.6	0.5	0.6	0.8	0.7	0.65
3	1.50	C-D	35	30	-10	0.60	0.90	1.00	1.20	0.90	1.00	0.93
					-15	0.85	1.00	1.00	1.20	1.00	1.10	1.03
					-20	1.10	1.10	1.00	1.20	1.10	1.20	1.12
					-25	0.90	0.95	0.80	0.95	0.85	1.05	0.92
					-30	0.70	0.80	0.60	0.70	0.60	0.90	0.72
					-35	0.6	0.7	0.5	0.6	0.5	0.7	0.60
4	1.50	D-E	35	30	-10	1.20	1.00	1.00	1.20	1.00	1.20	1.10
					-15	1.15	1.05	1.00	1.20	1.05	1.20	1.11
					-20	1.10	1.10	1.00	1.20	1.10	1.20	1.12
					-25	0.95	0.85	0.85	1.05	0.85	0.80	0.89
					-30	0.80	0.60	0.70	0.90	0.60	0.40	0.67
					-35	0.6	0.4	0.6	0.5	0.4	0.4	0.48
5	1.50	E-F	35	30	-10	0.20	0.50	0.50	0.40	0.70	0.70	0.50
					-15	0.50	0.55	0.50	0.50	0.70	0.80	0.59
					-20	0.80	0.60	0.50	0.60	0.70	0.90	0.68
					-25	0.85	0.65	0.65	0.60	0.80	0.80	0.73
					-30	0.90	0.70	0.80	0.60	0.90	0.70	0.77
					-35	0.5	0.6	0.7	0.6	0.8	0.5	0.62

*Nota:* En la tabla 12 se muestran los datos obtenidos de velocidad en el tramo a diferentes profundidades en cada sección transversal 3 mediante en el correntómetro.

**Tabla 13**

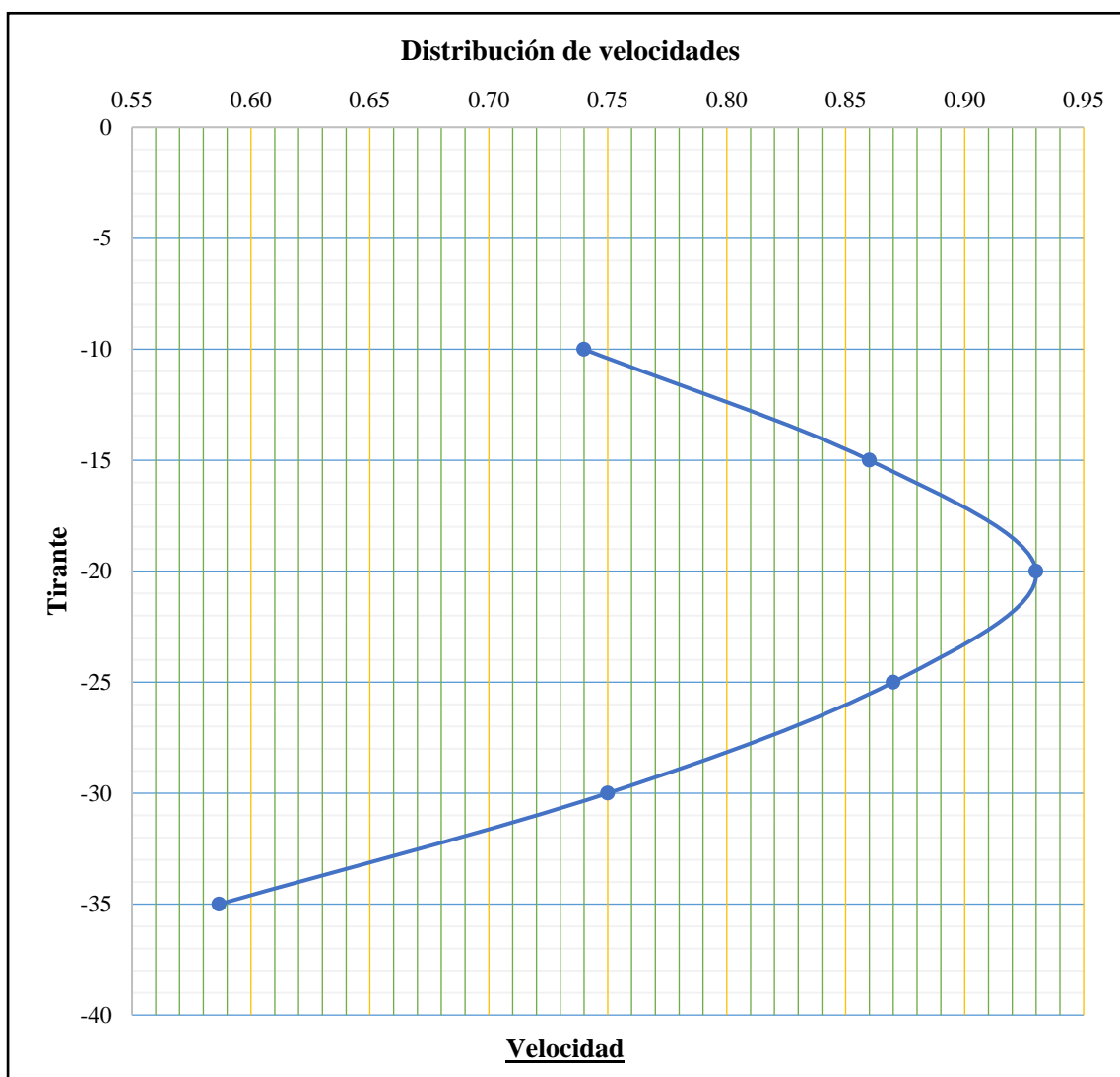
*Promedio de velocidades de acuerdo al tirante 3.*

Nº	Tirante (cm)	Prof. de Medición.	Prom. Velocidades
1	35	-10	0.74
2		-15	0.84
3		-20	0.93
4		-25	0.83
5		-30	0.72
6		-35	0.59

*Nota:* En la tabla 13 se muestran los resultados de velocidad a diferentes profundidades.

**Figura 20**

*Distribución de velocidades de la sección 3.*



*Nota:* la gráfica se realizó con los datos de la tabla 13, tomando como referencia 0+000 el espejo de agua para la medición de velocidades a diferentes profundidades.

**Tabla 14**

*Datos de campo de la sección 3.*

Registro para datos de velocidad						
Sección #	3		Localización			
Fecha:	16/07/2024	Norte:	8947025.68			
Progresiva:	1+500	Este:	234623.87			
Elaborado por:	Roberth Oliveros	Elevación:	3965.07			
% y		Velocidades (m/s)				
%	m	A-B	B-C	C-D	D-E	E-F
0.2	0.07	0.67	0.63	1.02	1.10	0.50
0.6	0.19	0.72	0.83	0.98	0.97	0.68
0.8	0.26	0.78	0.77	0.72	0.75	0.77

*Nota:* En la tabla 14 se presenta los datos obtenidos en la Progresiva 1+500 km, correspondiente a la sección 3. El espejo de agua se ha dividido en 5 partes, teniendo un ancho de franja de 0.30 m, permitiendo la medición de velocidades en puntos equidistantes horizontalmente a 0.20, 0.60 y 0.80 del tirante verticalmente.

#### 4.1.4 Punto de Medición o Sección Transversal 4

**Tabla 15**

*Datos primarios de campo 4.*

N <sup>o</sup>	Ancho del Cause (m)	Tamos	Tirante (cm)	Distancia entre Ptos.	Prof. de Medición.	Velocidades (m/s)						Promedio
1	1.35	A-B	50	17.5	-10	0.20	0.20	0.30	0.10	0.20	0.30	0.22
					-15	0.40	0.30	0.50	0.20	0.30	0.40	0.35
					-20	0.45	0.45	0.55	0.25	0.35	0.50	0.43
					-25	0.50	0.60	0.60	0.30	0.40	0.60	0.50
2	1.35	B-C	50	33	-10	0.30	0.20	0.40	0.20	0.30	0.20	0.27
					-15	0.30	0.35	0.40	0.40	0.30	0.35	0.35
					-20	0.30	0.50	0.40	0.60	0.30	0.50	0.43
					-25	0.40	0.40	0.70	0.50	0.40	0.60	0.50
					-30	0.40	0.65	0.65	0.45	0.45	0.70	0.55
					-35	0.40	0.90	0.60	0.40	0.50	0.80	0.60
					-40	0.45	0.65	0.55	0.45	0.45	0.65	0.53
					-45	0.50	0.40	0.50	0.50	0.40	0.50	0.47
-50	0.50	0.30	0.30	0.40	0.40	0.30	0.37					
3	1.35	C-D	50	33	-10	0.10	0.20	0.40	0.20	0.30	0.30	0.25
					-15	0.30	0.20	0.40	0.40	0.30	0.20	0.30
					-20	0.60	0.70	0.60	0.70	0.80	0.70	0.68
					-25	0.60	0.80	0.50	0.70	0.90	1.00	0.75
					-30	0.50	0.80	0.50	0.80	0.85	0.90	0.73
					-35	0.40	0.80	0.50	0.90	0.80	0.80	0.70
					-40	0.60	0.80	0.60	0.85	0.70	0.75	0.72
					-45	0.80	0.80	0.70	0.80	0.60	0.70	0.73
-50	0.50	0.40	0.40	0.30	0.40	0.50	0.42					
4	1.35	D-E	50	33	-10	0.20	0.10	0.30	0.20	0.10	0.30	0.20
					-15	0.30	0.20	0.30	0.40	0.20	0.30	0.28
					-20	0.50	0.60	0.50	0.60	0.60	0.60	0.57
					-25	0.80	0.80	0.90	0.80	0.90	0.80	0.83
					-30	0.90	0.55	1.00	0.85	0.90	0.90	0.85
					-35	1.00	0.30	1.10	0.90	0.90	1.00	0.87
					-40	1.00	0.60	0.90	0.75	0.50	0.65	0.73
					-45	1.00	0.90	0.70	0.60	0.10	0.30	0.60
-50	0.60	0.40	0.20	0.50	0.30	0.40	0.40					
5	1.35	E-F	50	17.5	-10	0.20	0.40	0.30	0.30	0.20	0.30	0.28
					-15	0.30	0.30	0.40	0.50	0.40	0.30	0.37
					-20	0.50	0.45	0.50	0.55	0.45	0.45	0.48
					-25	0.70	0.60	0.60	0.60	0.50	0.60	0.60

*Nota:* En la tabla 15 se muestran los datos obtenidos de velocidad en el tramo a diferentes profundidades en cada sección transversal 4 mediante en el correntómetro.

**Tabla 16**

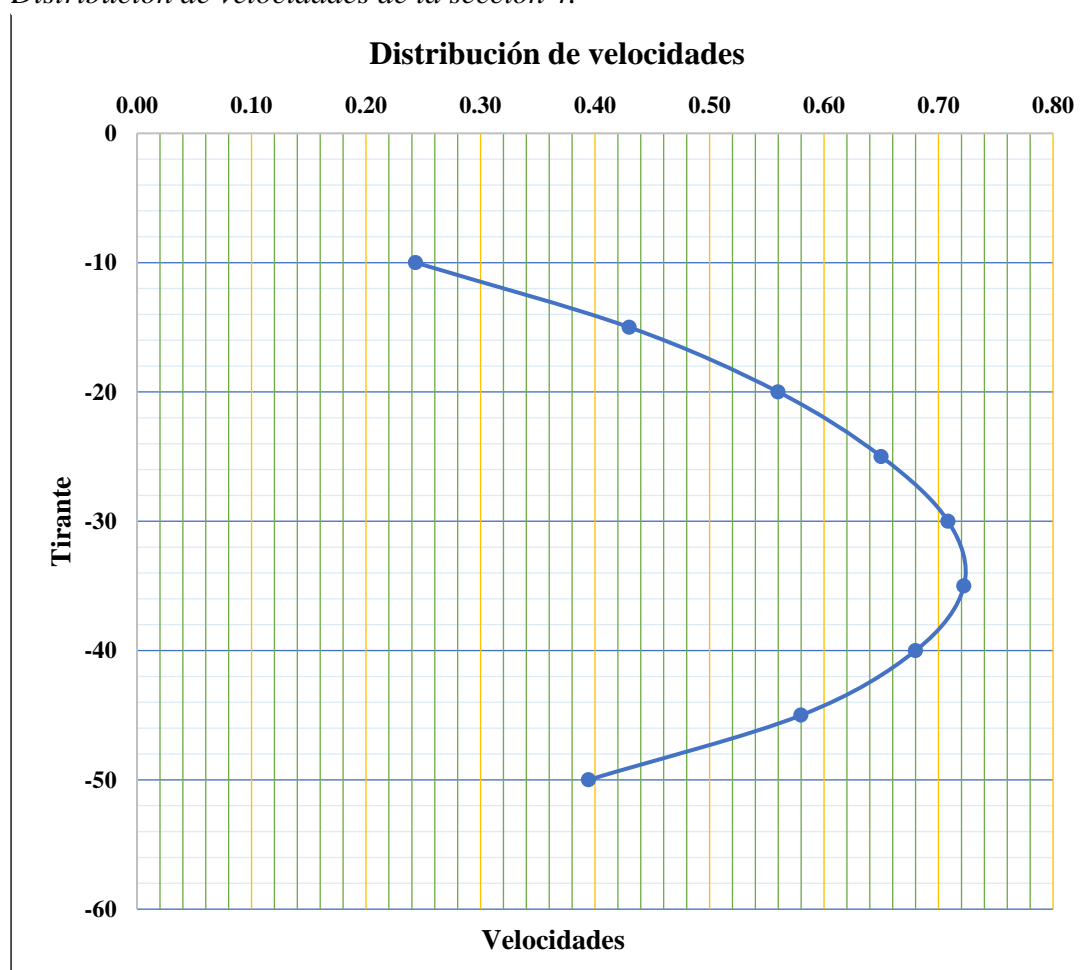
*Promedio de Velocidades de acuerdo al tirante 4.*

Nº	Tirante (cm)	Prof. de Medición.	Prom. Velocidades
1	50	-10	0.24
2		-15	0.33
3		-20	0.52
4		-25	0.64
5		-30	0.71
6		-35	0.72
7		-40	0.66
8		-45	0.60
9		-50	0.39

*Nota:* En la tabla 16 se muestran los resultados de velocidad a diferentes profundidades.

**Figura 21**

*Distribución de velocidades de la sección 4.*



*Nota:* la gráfica se realizó con los datos de la tabla 16, tomando como referencia 0+000 el espejo de agua para la medición de velocidades a diferentes profundidades.

**Tabla 17**

*Datos de campo de la sección 4.*

Registro para datos de velocidad						
Sección #	4		Localización			
Fecha:	16/07/2024	Norte:	8946641.42			
Progresiva:	2+060	Este:	234003.00			
Elaborado por:	Robert Oliveros	Elevación:	3955.01			
% y		Velocidades (m/s)				
%	m	A-B	B-C	C-D	D-E	E-F
0.2	0.10		0.40	0.70	0.83	
0.6	0.30	0.53	0.58	0.73	0.82	0.67
0.8	0.40		0.70	0.73	0.80	

*Nota:* En la tabla 17 se presenta los datos obtenidos en la Progresiva 2+060 km, correspondiente a la sección 4. El espejo de agua se ha dividido en 5 partes, teniendo un ancho de franja de 0.30 m, permitiendo la medición de velocidades en puntos equidistantes horizontalmente a 0.20, 0.60 y 0.80 del tirante verticalmente.

#### 4.1.5 Punto de Medición o Sección Transversal 5

**Tabla 18**

Datos primarios de campo 5.

Nº	Ancho del Cauce (m)	Tamos	Tirante (cm)	Distancia entre Ptos.	Prof. de Medición.	Velocidades (m/s)							Promedio
1		A-B	51	17.5	-11	0.20	0.20	0.30	0.20	0.30	0.10	0.22	
					-16	0.30	0.40	0.30	0.30	0.40	0.30	0.33	
					-21	0.40	0.50	0.40	0.40	0.40	0.45	0.43	
					-26	0.50	0.60	0.70	0.50	0.40	0.60	0.55	
2		B-C	51	33.3	-11	0.20	0.40	0.30	0.20	0.30	0.10	0.25	
					-16	0.30	0.40	0.30	0.30	0.40	0.30	0.33	
					-21	0.40	0.50	0.40	0.50	0.50	0.50	0.47	
					-26	0.60	0.70	0.50	0.70	0.60	0.70	0.63	
					-31	0.70	0.60	0.70	0.60	0.70	0.80	0.68	
					-36	0.65	0.55	0.65	0.50	0.60	0.60	0.59	
					-41	0.60	0.50	0.60	0.40	0.50	0.40	0.50	
					-46	0.50	0.40	0.40	0.30	0.40	0.20	0.37	
-51	0.5	0.4	0.3	0.1	0.2	0.3	0.30						
3	1.35	C-D	51	33.3	-11	0.30	0.40	0.30	0.20	0.40	0.30	0.32	
					-16	0.4	0.5	0.4	0.3	0.5	0.4	0.42	
					-21	0.40	0.60	0.50	0.60	0.60	0.60	0.55	
					-26	0.40	0.60	0.60	0.70	0.60	0.60	0.58	
					-31	0.50	0.60	0.70	0.80	0.60	0.70	0.65	
					-36	0.55	0.60	0.70	0.70	0.60	0.65	0.63	
					-41	0.60	0.60	0.50	0.60	0.60	0.60	0.58	
					-46	0.40	0.50	0.70	0.60	0.60	0.50	0.55	
					-51	0.5	0.3	0.4	0.3	0.4	0.5	0.40	
4		D-E	51	33	-11	0.30	0.20	0.40	0.20	0.30	0.40	0.30	
					-16	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4	0.6	0.47	
					-21	0.55	0.45	0.50	0.55	0.50	0.65	0.53	
					-26	0.70	0.50	0.40	0.60	0.60	0.70	0.58	
					-31	0.70	0.60	0.50	0.60	0.70	0.60	0.62	
					-36	0.65	0.50	0.50	0.55	0.65	0.55	0.57	
					-41	0.60	0.40	0.50	0.50	0.60	0.50	0.52	
					-46	0.50	0.40	0.30	0.50	0.30	0.50	0.42	
					-51	0.3	0.4	0.2	0.5	0.3	0.4	0.35	
5		E-F	51	17.5	-11	0.30	0.20	0.40	0.20	0.30	0.40	0.30	
					-16	0.40	0.40	0.50	0.50	0.40	0.60	0.47	
					-21	0.40	0.60	0.50	0.50	0.30	0.60	0.48	
					-26	0.70	0.80	0.40	0.60	0.70	0.60	0.63	

Nota: En la tabla 18 se muestran los datos obtenidos de velocidad en el tramo a diferentes profundidades en cada sección transversal 4 mediante en el correntómetro.

**Tabla 19**

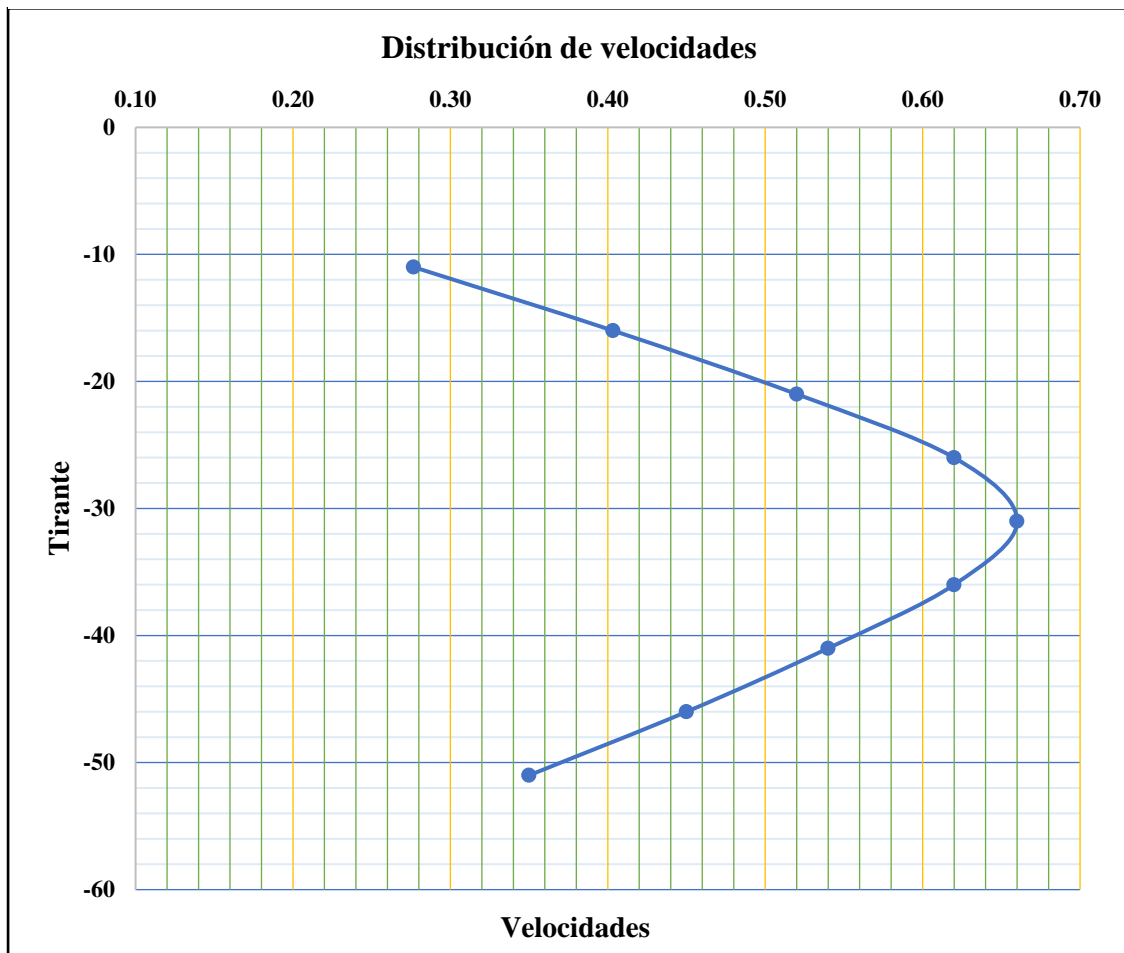
*Promedio de velocidades de acuerdo al tirante 5.*

Nº	Tirante (cm)	Prof. de Medición.	Prom. Velocidades
1	51	-11	0.28
2		-16	0.40
3		-21	0.49
4		-26	0.60
5		-31	0.65
6		-36	0.60
7		-41	0.53
8		-46	0.44
9		-51	0.35

*Nota:* En la tabla 19 se muestran los resultados de velocidad a diferentes profundidades

**Figura 22**

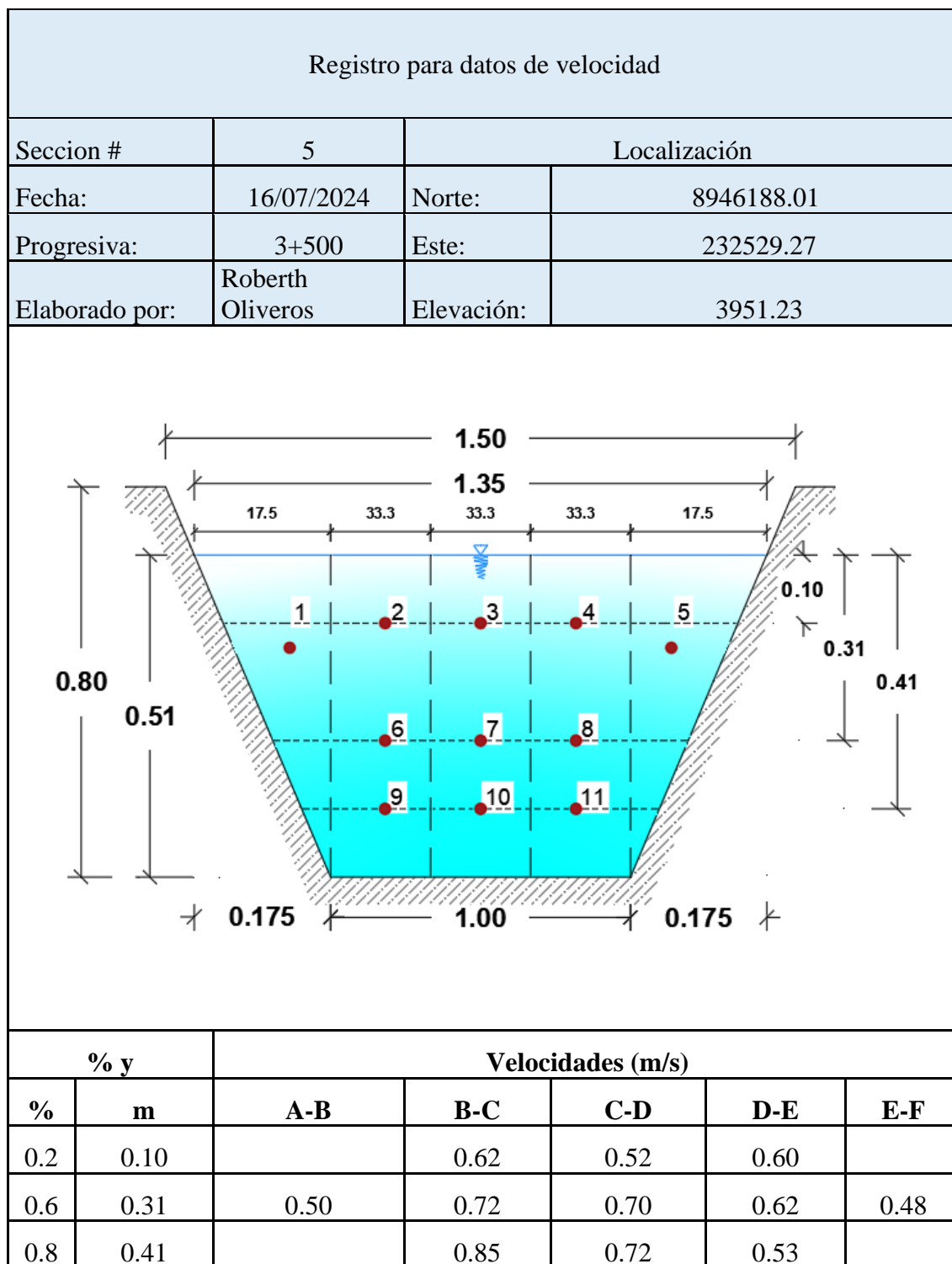
*Distribución de velocidades de la sección 5.*



*Nota:* la gráfica se realizó con los datos de la tabla 19, tomando como referencia 0+000 el espejo de agua para la medición de velocidades a diferentes profundidades.

**Tabla 20**

*Datos de campo de la sección 5.*



*Nota:* En la tabla 20 se presenta los datos obtenidos en la Progresiva 3+500 km, correspondiente a la sección 5. El espejo de agua se ha dividido en 5 partes, teniendo un ancho de franja de 0.175m y 0.333 m, permitiendo la medición de velocidades en puntos equidistantes horizontalmente a 0.20, 0.60 y 0.80 del tirante verticalmente.

#### 4.1.6 Punto de Medición o Sección Transversal 6

**Tabla 21**

Datos primarios de campo 6.

Nº	Ancho del Cause (m)	Tamos	Tirante (cm)	Distancia entre Ptos.	Prof. de Medición.	Velocidades (m/s)						Promedio
1	1.35	A-B	57	17.5	-12	0.40	0.30	0.50	0.40	0.20	0.10	0.32
					-17	0.40	0.30	0.50	0.40	0.40	0.30	0.38
					-22	0.40	0.30	0.50	0.50	0.40	0.40	0.42
					-27	0.40	0.70	0.50	0.50	0.50	0.40	0.50
2	1.35	B-C	57	33.3	-12	0.40	0.30	0.50	0.40	0.20	0.10	0.32
					-17	0.40	0.30	0.50	0.40	0.40	0.30	0.38
					-22	0.40	0.30	0.50	0.40	0.60	0.50	0.45
					-27	0.40	0.70	0.50	0.50	0.50	0.40	0.50
					-32	0.60	0.60	0.70	0.60	0.40	0.50	0.57
					-37	0.60	0.60	0.70	0.60	0.40	0.50	0.57
					-42	0.60	0.65	0.60	0.50	0.55	0.60	0.58
					-47	0.60	0.70	0.50	0.40	0.70	0.70	0.60
3	1.35	C-D	57	33.3	-52	0.40	0.55	0.40	0.30	0.55	0.50	0.45
					-57	0.20	0.40	0.30	0.20	0.40	0.30	0.30
					-12	0.40	0.30	0.60	0.50	0.40	0.50	0.45
					-17	0.45	0.50	0.60	0.60	0.60	0.60	0.56
					-22	0.50	0.70	0.60	0.70	0.80	0.70	0.67
					-27	0.40	0.50	0.60	0.60	0.70	0.70	0.58
					-32	0.40	0.60	0.50	0.40	0.60	0.50	0.50
					-37	0.40	0.60	0.50	0.60	0.60	0.50	0.53
4	1.35	D-E	57	33.3	-42	0.50	0.60	0.45	0.45	0.50	0.55	0.51
					-47	0.60	0.60	0.40	0.30	0.40	0.60	0.48
					-52	0.55	0.60	0.40	0.30	0.40	0.55	0.47
					-57	0.50	0.60	0.40	0.30	0.40	0.50	0.45
					-12	0.50	0.60	0.50	0.60	0.50	0.40	0.52
					-17	0.50	0.60	0.50	0.60	0.55	0.50	0.54
					-22	0.50	0.60	0.50	0.60	0.60	0.60	0.57
					-27	0.80	0.60	0.70	0.60	0.70	0.60	0.67
5	1.35	E-F	57	17.5	-32	0.90	0.60	0.60	0.70	0.70	0.65	0.69
					-37	0.70	0.60	0.50	0.70	0.60	0.70	0.63
					-42	0.75	0.40	0.55	0.50	0.50	0.50	0.53
					-47	0.80	0.20	0.60	0.30	0.40	0.30	0.43
5	1.35	E-F	57	17.5	-52	0.70	0.30	0.40	0.40	0.35	0.35	0.42
					-57	0.60	0.40	0.20	0.50	0.30	0.40	0.40
					-12	0.50	0.60	0.50	0.60	0.50	0.40	0.52
					-17	0.50	0.60	0.50	0.60	0.55	0.50	0.54
5	1.35	E-F	57	17.5	-22	0.50	0.60	0.50	0.60	0.60	0.60	0.57
					-27	0.30	0.20	0.40	0.40	0.50	0.30	0.35

Nota: En la tabla 21 se muestran los datos obtenidos de velocidad en el tramo a diferentes profundidades en cada sección transversal 4 mediante en el correntómetro.

**Tabla 22**

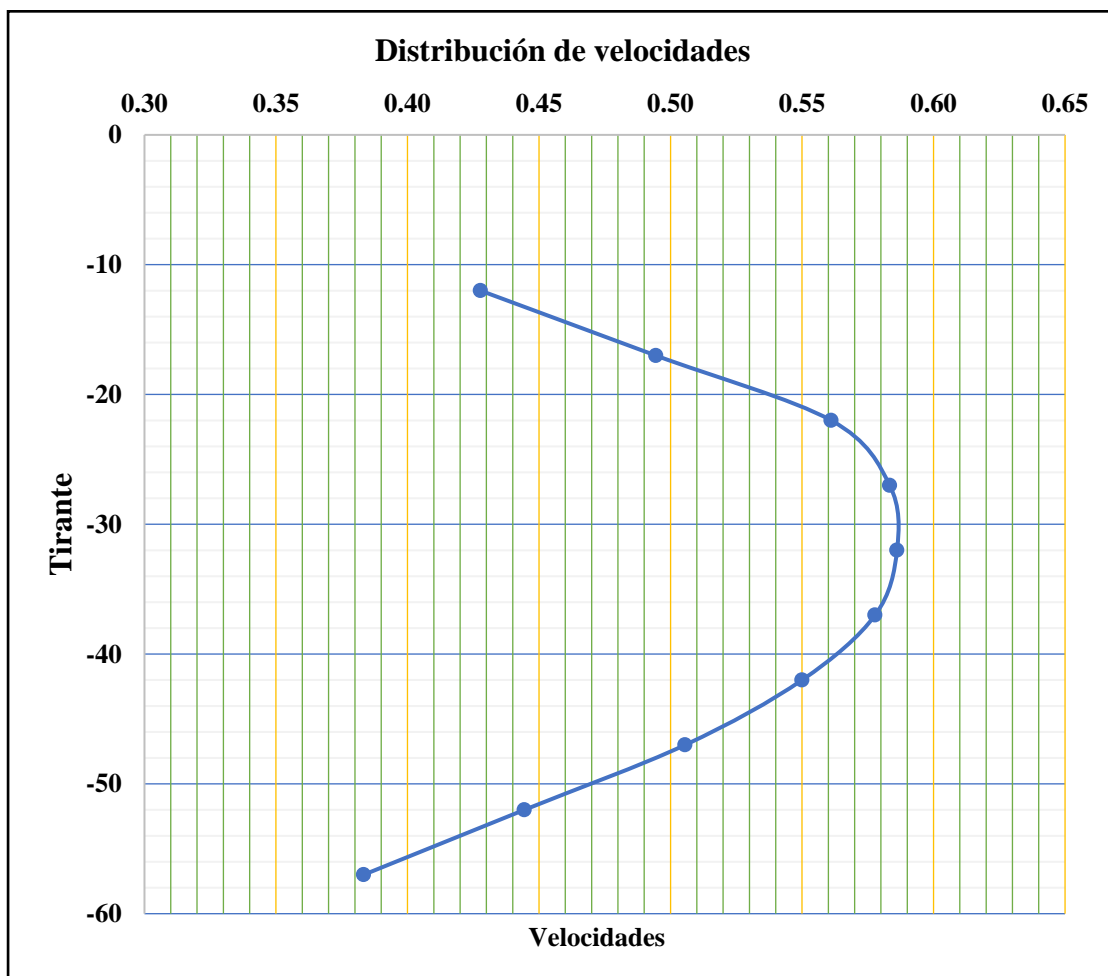
*Promedio de velocidades de acuerdo al tirante 6.*

Nº	Tirante (cm)	Prof. de Medición.	Prom. Velocidades
1	57	-12	0.43
2		-17	0.49
3		-22	0.56
4		-27	0.58
5		-32	0.59
6		-37	0.58
7		-42	0.54
8		-47	0.51
9		-52	0.44
10		-57	0.38

*Nota:* En la tabla 22 se muestran los resultados de velocidad a diferentes profundidades.

**Figura 23**

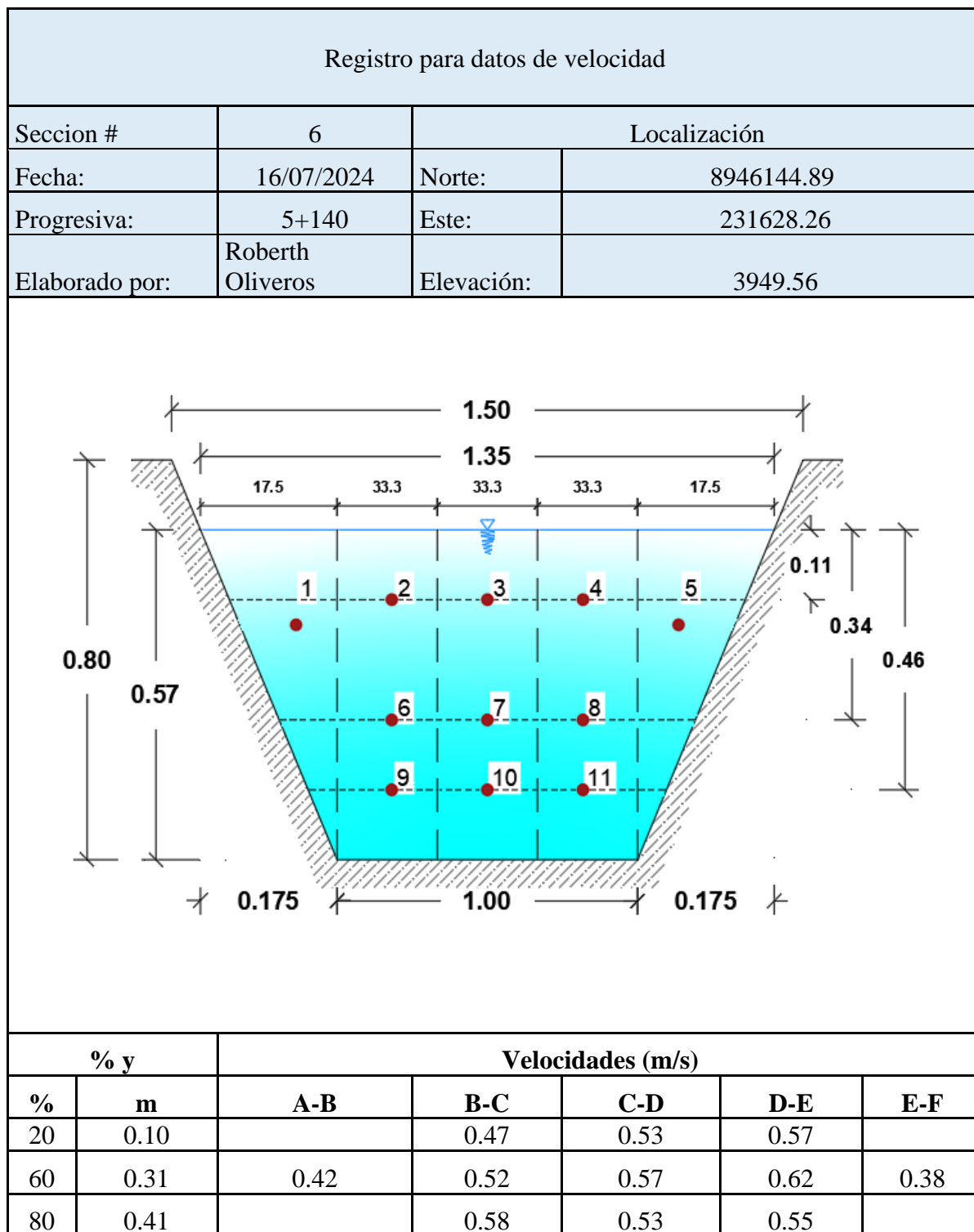
*Distribución de velocidades de la sección 6.*



*Nota:* la gráfica se realizó con los datos de la tabla 32, tomando como referencia 0+000 el espejo de agua para la medición de velocidades a diferentes profundidades.

**Tabla 23**

Datos de campo de la sección 6.



*Nota:* En la tabla 23 se presenta los datos obtenidos en la Progresiva 5+140 km, correspondiente a la sección 6. El espejo de agua se ha dividido en 5 partes, teniendo un ancho de franja de 0.175 m y 0.333 m, permitiendo la medición de velocidades en puntos equidistantes horizontalmente a 0.20, 0.60 y 0.80 del tirante verticalmente.

#### Respecto al objetivo específico 4:

Se realizaron los cálculos a partir de la velocidad media y el área en cada sección como se muestra a continuación.

#### 4.2 Cálculo del Caudal y la Velocidad Media

El cálculo de la velocidad media y el caudal en una sección se realizó aplicando la metodología especificada en la sección 2.2.9.2 del presente proyecto. Resumiendo, el cálculo general, el método 1 consiste en medir la velocidad colocando el molinete a 0.6 de profundidad desde la superficie, mientras que el método 2 implica colocar el molinete a 0.2 y 0.8 de profundidad. Para ambos métodos, se multiplica el área parcial por la velocidad media puntual, lo que permite obtener caudales parciales. La suma de estos caudales parciales resulta en el caudal total que pasa por la sección estudiada.

A continuación, se presenta la interpretación de los datos para los 6 puntos de medición distribuidos a lo largo del tramo de estudio.

#### Método de 1 punto para la sección 1.

$$V_m = V_{0.6yV}$$

**Tabla 24**

*Calculo para el método de aforo al 60 % de profundidad.*

Cálculos método 1								
N°	Velocidades			Área			Caudal	
	Tramos	% y	Velocidad promedio (m/s)	Altura (m)	Dist. entre Puntos (m)	Área Total (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Caudal (l/s)
1	A - B	0.60	0.57	0.47	0.30	0.141	0.080	66
2	B - C	0.60	0.88	0.47	0.30	0.141	0.125	108
3	C - D	0.60	0.75	0.47	0.30	0.141	0.106	47
4	D - E	0.60	1.33	0.47	0.30	0.141	0.188	188
					Total	0.564	0.498	498

A partir de los datos registrados y aplicando la metodología del aforo con molinete, la tabla 24 muestra la aplicación del método 1, que utiliza las velocidades medidas a 0.60 del tirante de agua. Al multiplicar estas velocidades directamente por el área, se obtienen caudales parciales para cada franja de medición, cuya sumatoria es igual a 0.498 m<sup>3</sup>/s. Este valor representa el caudal total que pasa por un área mojada de 0.564 m<sup>2</sup>, con una velocidad media de 0.88 m/s, siendo estos los resultados correspondientes a la sección 1.

### Método de 2 puntos para la sección 1.

$$V_m = \frac{V_{0.2Y} + V_{0.8Y}}{2}$$

**Tabla 25**

*Método de aforo al 20 % y 80 % de profundidad.*

Cálculos método 2								
N°	Velocidades			Area			Caudal	
	Tramos	% y	Velocidad promedio (m/s)	Altura (m)	Dist. entre Puntos (m)	Area <sub>Total</sub> (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Caudal (l/s)
1	A - B	0.60 y 0.80	0.49	0.47	0.30	0.141	0.069	69
2	B - C	0.60 y 0.80	0.68	0.47	0.30	0.141	0.096	96
3	C - D	0.60 y 0.80	0.88	0.47	0.30	0.141	0.123	123
4	D - E	0.60 y 0.80	1.27	0.47	0.30	0.141	0.179	179
						Total	0.564	468

En la tabla 25 se mostró la aplicación del método 2, que utilizó las velocidades medidas a 0.60 y 0.80 del tirante de agua. Al multiplicar estas velocidades directamente por el área, se obtuvieron caudales parciales para cada franja de medición, cuya sumatoria fue igual a 0.468 m<sup>3</sup>/s. Este valor correspondió al caudal que pasó por un área mojada de 0.564 m<sup>2</sup>, con una velocidad media de 0.83 m/s, siendo estos los resultados correspondientes a la sección 1.

### Método de 1 punto la sección 2:

$$V_m = V_{0.6yV}$$

**Tabla 26**

*Calculo para el método de aforo al 60 % de profundidad.*

Cálculos método 1								
N°	Velocidades			Área			Caudal	
	Tramos	% y	Velocidad promedio (m/s)	Altura (m)	Dist. entre Puntos (m)	Area <sub>Total</sub> (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Caudal (l/s)
1	A - B	0.60	0.72	0.39	0.30	0.117	0.084	84
2	B - C	0.60	0.90	0.39	0.30	0.117	0.105	105
3	C - D	0.60	0.82	0.39	0.30	0.117	0.096	96
4	D - E	0.60	0.80	0.39	0.30	0.117	0.094	94
5	E - F	0.60	0.80	0.39	0.30	0.117	0.094	94
						Total	0.585	472

A partir de los datos registrados y aplicando la metodología del aforo con molinete, la tabla 26 mostró la aplicación del método 1, que utilizó las velocidades medidas a 0.60 del tirante de agua. Al multiplicar estas velocidades directamente por el área, se obtuvieron caudales parciales para cada franja de medición, cuya sumatoria fue igual a 0.472 m<sup>3</sup>/s. Este valor representó el caudal total que pasó por un área mojada de 0.585 m<sup>2</sup>, con una velocidad media de 0.808 m/s, siendo estos los resultados correspondientes a la sección 2.

### Método de 2 puntos para la sección 2:

$$V_m = \frac{V_{0.2Y} + V_{0.8Y}}{2}$$

**Tabla 27**

*Método de aforo al 20 % y 80 % de profundidad.*

Cálculos método 2								
N°	Velocidades			Area			Caudal	
	Tramos	% y	Velocidad promedio (m/s)	Altura (m)	Dist. entre Puntos (m)	Area <sub>Total</sub> (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Caudal (l/s)
1	A - B	0.60 y 0.80	0.70	0.39	0.30	0.117	0.082	82
2	B - C	0.60 y 0.80	0.75	0.39	0.30	0.117	0.088	88
3	C - D	0.60 y 0.80	0.86	0.39	0.30	0.117	0.100	100
4	D - E	0.60 y 0.80	0.78	0.39	0.30	0.117	0.092	92
5	E - F	0.60 y 0.80	0.78	0.39	0.30	0.117	0.092	92
					Total	0.585	0.453	453

En la tabla 27 se mostró la aplicación del método 2, que utilizó las velocidades medidas a 0.60 y 0.80 del tirante de agua. Al multiplicar estas velocidades directamente por el área, se obtuvieron caudales parciales para cada franja de medición, cuya sumatoria fue igual a 0.453 m<sup>3</sup>/s. Este valor representó el caudal que pasó por un área mojada de 0.585 m<sup>2</sup>, con una velocidad media de 0.774 m/s, siendo estos los resultados correspondientes a la sección 2.

### Método de 1 punto para la sección 3.

$$V_m = V_{0.6yV}$$

**Tabla 28**

Calculo para el método de aforo al 60 % de profundidad.

Cálculos método 1								
N°	Velocidades			Área			Caudal	
	Tramos	% y	Velocidad promedio (m/s)	Altura (m)	Dist. entre Puntos (m)	Area <sub>Total</sub> (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Caudal (l/s)
1	A - B	0.60	0.72	0.35	0.30	0.105	0.075	75
2	B - C	0.60	0.83	0.35	0.30	0.105	0.088	88
3	C - D	0.60	0.98	0.35	0.30	0.105	0.103	103
4	D - E	0.60	0.97	0.35	0.30	0.105	0.102	102
5	E - F	0.60	0.68	0.35	0.30	0.105	0.072	72
						Total	0.525	439

A partir de los datos registrados y aplicando la metodología del aforo con correntómetro, la Tabla 28 muestra la aplicación del método 1, utilizando velocidades medidas al 60 % del tirante de agua. Al multiplicar estas velocidades por el área, se obtuvieron caudales parciales que sumaron un caudal total de 0.439 m<sup>3</sup>/s. Este caudal corresponde a un área mojada de 0.525 m<sup>2</sup>, con una velocidad media de 0.836 m/s, resultados correspondientes a la sección 3.

### Método de 2 puntos sección 3

$$V_m = \frac{V_{0.2Y} + V_{0.8Y}}{2}$$

**Tabla 29**

Método de aforo al 20 % y 80 % de profundidad.

cálculos método 2								
N°	Velocidades			Area			Caudal	
	Tramos	% y	Velocidad promedio (m/s)	Altura (m)	Dist. entre Puntos (m)	Area <sub>Total</sub> (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Caudal (l/s)
1	A - B	0.60 y 0.80	0.73	0.35	0.30	0.105	0.076	76
2	B - C	0.60 y 0.80	0.70	0.35	0.30	0.105	0.074	74
3	C - D	0.60 y 0.80	0.87	0.35	0.30	0.105	0.091	91
4	D - E	0.60 y 0.80	0.93	0.35	0.30	0.105	0.097	97
5	E - F	0.60 y 0.80	0.63	0.35	0.30	0.105	0.067	67
						Total	0.525	404

En la tabla 29 se mostró la aplicación del método 2, que utilizó las velocidades medidas a 0.60 y 0.80 del tirante de agua. Al multiplicar estas velocidades directamente por el área, se obtuvieron caudales parciales para cada franja de medición, cuya sumatoria fue igual a 0.404 m<sup>3</sup>/s. Este valor representó el caudal que pasó por un área mojada de 0.525 m<sup>2</sup>,

con una velocidad media de 0.772 m/s, siendo estos los resultados correspondientes a la sección 3.

**Método de 1 punto para la sección 4.**

$$V_m = V_{0.6y}$$

**Tabla 30**

*Calculo por el método de aforo al 60 % de profundidad.*

Cálculos método 1								
N°	Velocidades			Área			Caudal	
	Tramos	% y	Velocidad promedio (m/s)	Altura (m)	Dist. entre Puntos (m)	Are <sub>Total</sub> (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Caudal (l/s)
1	A - B	0.60	0.53	0.50	0.175	0.044	0.023	23
2	B - C	0.60	0.58	0.50	0.333	0.167	0.097	87
3	C - D	0.60	0.73	0.50	0.333	0.167	0.122	122
4	D - E	0.60	0.82	0.50	0.333	0.167	0.136	136
5	E - F	0.60	0.67	0.50	0.175	0.044	0.029	29
Total						0.587	0.408	408

A partir de los datos registrados y aplicando la metodología del aforo con correntómetro, la Tabla 30 presenta el método 1, que utilizó las velocidades medidas al 60 % del tirante de agua. Al multiplicar estas velocidades por el área, se obtuvieron caudales parciales para cada franja de medición, sumando un caudal total de 0.408 m<sup>3</sup>/s. Este valor corresponde a una sección con un área mojada de 0.587 m<sup>2</sup> y una velocidad media de 0.66 m/s, resultados correspondientes a la sección 4.

**Método de 2 puntos para la sección 4.**

$$V_m = \frac{V_{0.2y} + V_{0.8y}}{2}$$

**Tabla 31**

*Método de aforo al 20 % y 80 % de profundidad.*

Cálculos método 2								
N°	Velocidades			Area			Caudal	
	Tramos	% y	Velocidad promedio (m/s)	Altura (m)	Dist. entre Puntos (m)	Area <sub>Total</sub> (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Caudal (l/s)
1	A - B	0.60 y 0.80	0.53	0.50	0.175	0.044	0.023	23
2	B - C	0.60 y 0.80	0.47	0.50	0.333	0.167	0.078	78
3	C - D	0.60 y 0.80	0.72	0.50	0.333	0.167	0.119	119
4	D - E	0.60 y 0.80	0.82	0.50	0.333	0.167	0.136	136
5	E - F	0.60 y 0.80	0.67	0.50	0.175	0.044	0.029	29
Total						0.587	0.386	386

En la Tabla 31 se presenta la aplicación del método 2, el cual utiliza las velocidades medidas al 60 % y 80 % del tirante de agua. Al multiplicar estas velocidades por el área, se obtienen caudales parciales para cada franja de medición, cuya sumatoria es de 0.386 m<sup>3</sup>/s. Este caudal corresponde a un área mojada de 0.587 m<sup>2</sup> y una velocidad media de 0.632 m/s, resultados correspondientes a la sección 4.

#### Método de 1 punto para la sección 5.

$$V_m = V_{0.6y \times V}$$

**Tabla 32**

*Calculo por el método de aforo al 60% de profundidad.*

Cálculos método 1								
N°	Velocidades			Área			Caudal	
	Tramos	% y	Velocidad promedio (m/s)	Altura (m)	Dist. entre Puntos (m)	área Total (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Caudal (l/s)
1	A - B	0.60	0.50	0.51	0.175	0.045	0.022	22
2	B - C	0.60	0.72	0.51	0.333	0.170	0.122	122
3	C - D	0.60	0.70	0.51	0.333	0.170	0.119	119
4	D - E	0.60	0.62	0.51	0.333	0.170	0.105	105
5	E - F	0.60	0.48	0.51	0.175	0.045	0.022	22
Total						0.599	0.389	389

A partir de los datos registrados y aplicando la metodología del aforo con correntómetro, la Tabla 32 presenta la aplicación del método 1, el cual utiliza las velocidades medidas al 60 % del tirante de agua. Al multiplicar estas velocidades por el área, se obtuvieron caudales parciales que sumaron un caudal total de 0.389 m<sup>3</sup>/s. Este valor corresponde a un área mojada de 0.599 m<sup>2</sup>, con una velocidad media de 0.603 m/s, resultados correspondientes a la sección 5.

#### Método de 2 puntos para la sección 5.

$$V_m = \frac{V_{0.2Y} + V_{0.8Y}}{2}$$

**Tabla 33**

Método de aforo al 20 % y 80 % de profundidad.

Cálculos método 2								
N°	Velocidades			área			Caudal	
	Tramos	% y	Velocidad promedio (m/s)	Altura (m)	Dist. entre Puntos (m)	Area <sub>Total</sub> (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Caudal (l/s)
1	A - B	0.60 y 0.80	0.50	0.51	0.175	0.045	0.022	23
2	B - C	0.60 y 0.80	0.73	0.51	0.333	0.170	0.125	78
3	C - D	0.60 y 0.80	0.62	0.51	0.333	0.170	0.105	119
4	D - E	0.60 y 0.80	0.57	0.51	0.333	0.170	0.096	136
5	E - F	0.60 y 0.80	0.48	0.51	0.175	0.045	0.022	29
<b>Total</b>						<b>0.587</b>	<b>0.369</b>	<b>369</b>

En la Tabla 33 se presenta la aplicación del método 2, el cual utiliza las velocidades medidas al 60 % y 80 % del tirante de agua. Al multiplicar estas velocidades por el área, se obtienen caudales parciales para cada franja de medición, cuya sumatoria es de 0.369 m<sup>3</sup>/s. Este caudal corresponde a un área mojada de 0.599 m<sup>2</sup> y una velocidad media de 0.58 m/s, resultados correspondientes a la sección 5.

#### Método de 1 punto para la sección 6.

$$V_m = V_{0.6yV}$$

**Tabla 34**

Calculo para el método de aforo al 60 % de Profundidad.

Cálculos método 1								
N°	Velocidades			Área			Caudal	
	Tramos	% y	Velocidad promedio (m/s)	Altura (m)	Dist. entre Puntos (m)	Area <sub>Total</sub> (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Caudal (l/s)
1	A - B	0.60	0.42	0.57	0.175	0.050	0.021	21
2	B - C	0.60	0.52	0.57	0.333	0.190	0.098	98
3	C - D	0.60	0.57	0.57	0.333	0.190	0.108	108
4	D - E	0.60	0.62	0.57	0.333	0.190	0.117	117
5	E - F	0.60	0.38	0.57	0.175	0.050	0.019	19
<b>Total</b>						<b>0.669</b>	<b>0.363</b>	<b>363</b>

A partir de los datos registrados y aplicando la metodología del aforo con molinete, la Tabla 34 presenta la aplicación del método 1, que utiliza las velocidades medidas al 60 % del tirante de agua. Al multiplicar estas velocidades directamente por el área, se obtienen

caudales parciales para cada franja de medición, cuya sumatoria es de 0.363 m<sup>3</sup>/s. Este valor representa el caudal total que fluye a través de un área mojada de 0.669 m<sup>2</sup>, con una velocidad media de 0.50 m/s, resultados correspondientes a la sección 6.

#### Método de 2 puntos para la sección 6.

$$V_m = \frac{V_{0.2Y} + V_{0.8Y}}{2}$$

**Tabla 35**

*Método de aforo al 20 % y 80 % de profundidad.*

Cálculos método 2								
N°	Velocidades			Área			Caudal	
	Tramos	% y	Velocidad promedio (m/s)	Altura (m)	Dist. entre Puntos (m)	Area <sub>Total</sub> (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Caudal (l/s)
1	A - B	0.60 y 0.80	0.42	0.57	0.175	0.050	0.021	21
2	B - C	0.60 y 0.80	0.53	0.57	0.333	0.190	0.100	100
3	C - D	0.60 y 0.80	0.53	0.57	0.333	0.190	0.101	101
4	D - E	0.60 y 0.80	0.56	0.57	0.333	0.190	0.106	106
5	E - F	0.60 y 0.80	0.38	0.57	0.175	0.050	0.019	19
Total						0.669	0.347	347

En la Tabla 35 se presenta la aplicación del método 2, que utiliza las velocidades medidas al 60 % y 80 % del tirante de agua. Al multiplicar estas velocidades directamente por el área, se obtienen caudales parciales para cada franja de medición, cuya sumatoria es de 0.347 m<sup>3</sup>/s. Este caudal corresponde a un área mojada de 0.669 m<sup>2</sup>, con una velocidad media de 0.483 m/s, resultados correspondientes a la sección 6.

### 4.3 Análisis de Resultados

**Tabla 36**

*Caudal y velocidad media en cada sección de medición.*

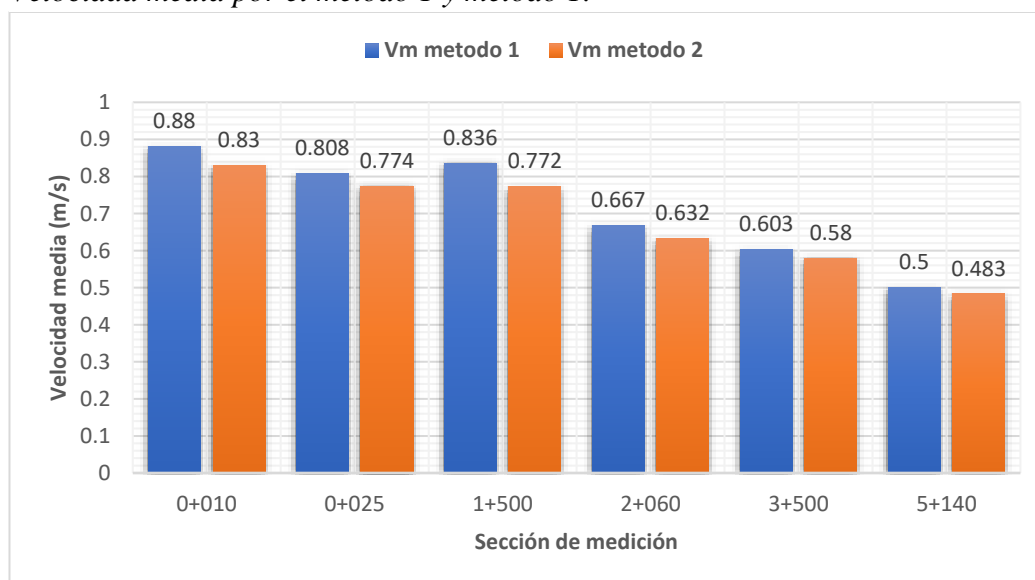
Sección #	Progresiva km	Área m <sup>2</sup>	Método 1		Método 2	
			V método 1 m/s	Q1 m <sup>3</sup> /s	V método 2 m/s	Q2 m <sup>3</sup> /s
1	0+010	0.564	0.88	0.498	0.83	0.468
2	0+025	0.585	0.808	0.472	0.774	0.453
3	1+500	0.525	0.836	0.439	0.772	0.404
4	2+060	0.587	0.667	0.408	0.632	0.386
5	3+500	0.599	0.603	0.389	0.58	0.369
6	5+140	0.669	0.5	0.363	0.483	0.347

En la Tabla 36 se presenta un resumen de los resultados obtenidos mediante la aplicación de los métodos 1 y 2 para el cálculo del caudal y la velocidad en todas las

secciones transversales de medición establecidas. Los valores mostrados permitieron comparar ambos métodos, revelando una diferencia de aproximadamente el 5 % entre los resultados. Este porcentaje se consideró relativamente bajo y aceptable para el análisis del presente estudio.

**Figura 24**

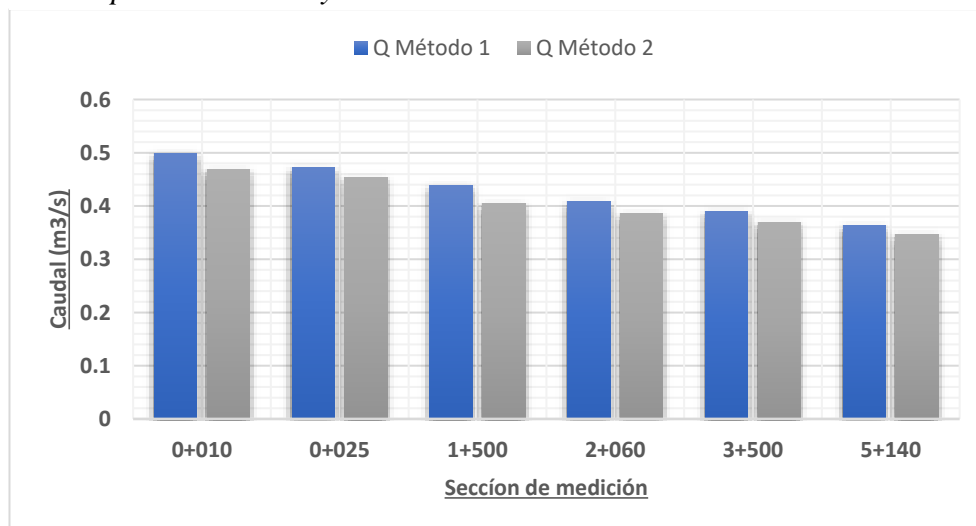
*Velocidad media por el método 1 y método 1.*



En la Figura 24 se presenta una comparación gráfica de las velocidades medias obtenidas a través de los métodos 1 y 2, destacando una variación mínima entre ambos enfoques. Asimismo, se observó que la aplicación del método 1 para determinar la velocidad media generó valores superiores en comparación con el método 2, con una diferencia aproximada del 5 %. Esta tendencia se mantuvo consistente en todas las secciones de medición.

**Figura 25**

*Caudal por el método 1 y método 2.*



En la Figura 25 se presenta una comparación gráfica de los caudales obtenidos mediante los métodos 1 y 2, donde se identificó una variación mínima de aproximadamente el 5 % entre ambos enfoques. Asimismo, se observó que la aplicación del método 1 para la determinación de caudales generó valores superiores en comparación con el método 2. Por lo tanto, se concluyó que existió una relación directamente proporcional entre el caudal y la velocidad media, siempre que el área mojada de la sección se mantuviera constante.

#### 4.4 Determinación de la eficiencia hidráulica

Tras el análisis de los resultados obtenidos de los métodos 1 y 2, se seleccionó el método 1 para estimar la eficiencia de conducción en el tramo comprendido entre la progresiva 0+000 km y 5+140 km. Esta elección se basó en la mínima o insignificante variación observada entre ambos métodos.

**Tabla 37**

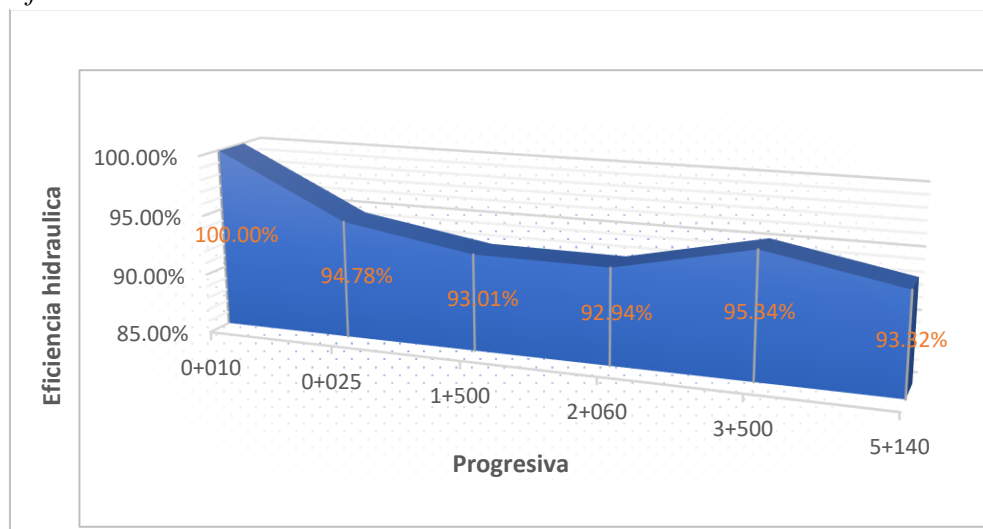
*Eficiencia hidráulica.*

Nº Columna1	Progresiva	Caudal (Q) (m <sup>3</sup> /s)	Perdida (m <sup>3</sup> /s)	Eficiencia Parcial	Eficiencia total en el tramo
1	0+010	0.498	-	100.00 %	
2	0+025	0.472	0.026	94.78 %	
3	1+500	0.439	0.033	93.01 %	
4	2+060	0.408	0.031	92.94 %	72.89 %
5	3+500	0.389	0.019	95.34 %	
6	5+140	0.363	0.026	93.32 %	

Por medio del cálculo de caudales y velocidades medias en cada sección de medición, se logró establecer las pérdidas volumétricas de agua en el canal.

**Figura 26**

*Eficiencia hidráulica en el canal.*



Los resultados indican que la eficiencia es baja, alcanzando un 72.89 %, a pesar de que las compuertas laterales estaban cerradas durante la medición. Las pérdidas observadas se atribuyen a compuertas deterioradas que presentan fugas, así como otras diversas causas.

***Respecto al objetivo específico 5:***

En esta fase del proyecto, se llevó a cabo la elaboración del presupuesto utilizando el software S10, basándonos en los datos recopilados durante el levantamiento topográfico del canal. Este proceso permitió obtener un presupuesto total necesario de S/ 2,015,390.22, para el mejoramiento del canal Jancu, el cual se detalla en el anexo C.

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

**Respecto al objetivo general**, “Estimar la eficiencia de conducción del canal Jancu en su estado actual, desde la progresiva 0 + 000 km al 5 + 140 km, Huaraz – 2023”, se han obtenido resultados significativos. La eficiencia de conducción calculada para todo el tramo analizado fue del 72.89 %, lo que indica un desempeño moderado del canal. A lo largo de este tramo, se registró una pérdida volumétrica que alcanzó un valor máximo de 0.135 m<sup>3</sup>/s-km. Estos resultados son comparables con hallazgos de otros estudios previos. Por ejemplo, Nizama (2019) reportó una eficiencia notablemente más alta del 97.83 %, lo que se traduce en pérdidas totales de 0.020 m<sup>3</sup>/s-km. Esta diferencia sugiere que el canal Jancu presenta un estado de deterioro que afecta su capacidad de conducción, posiblemente relacionado con factores como el mantenimiento inadecuado o el desgaste natural de la infraestructura. Por otro lado, Céspedes y Minaya (2022) encontraron una eficiencia del 75 % a lo largo de todo su recorrido, cifras que son similares a las obtenidas en este estudio. Esto refuerza la idea de que el canal Jancu enfrenta desafíos similares a los observados en otros sistemas de riego.

**Respecto al objetivo específico 1**, “Diagnosticar el estado actual del canal Jancu, evaluando desde la progresiva 0 + 000 km hasta 2 + 060 km, que es de mampostería, y desde la progresiva 2 + 060 km hasta 5 + 140 km, es un canal de concreto simple ( $f'c = 175 \text{ kg/m}^2$ ), revestido”. En relación con el diagnóstico del canal, se puede afirmar que los agricultores carecen de conocimiento sobre la eficiencia de conducción del mismo. Esta falta de información ha llevado a que el canal se encuentre en condiciones deficientes, lo que resulta en pérdidas significativas de agua, principalmente por infiltración. Estas pérdidas son provocadas por grietas y fisuras en las paredes del canal, juntas de dilatación en mal estado, así como por la acumulación de malezas, sedimentación y el deterioro de las compuertas laterales. Además, es importante señalar que el canal no cuenta con medidores de caudal, lo que impide a los agricultores conocer la cantidad de agua que utilizan en sus cultivos. Este análisis describe la realidad y el estado actual del canal Jancu; por lo tanto, no es posible realizar comparaciones con otros estudios previos en los antecedentes de esta investigación.

**Respecto al objetivo específico 2**, “Realizar el levantamiento topográfico del eje del canal Jancu utilizando una estación total, desde la progresiva 0 + 000 km hasta 5 + 140 km”.

Se llevó a cabo el levantamiento topográfico de los 5+140 km para determinar las características geométricas del canal y seleccionar los seis tramos rectos donde se realizarían los aforos necesarios para el análisis de la eficiencia del canal. Este proceso siguió una metodología similar a la utilizada por Salazar (2019), quien inició su investigación con un levantamiento topográfico y, posteriormente, realizó mediciones geométricas de secciones

transversales en tramos rectos a lo largo de los 5.9 km del canal, logrando establecer un total de 24 secciones esquematizadas. Este enfoque no solo facilita la identificación de los tramos más representativos del canal, sino que también garantiza que las mediciones realizadas sean representativas del estado real del sistema.

**Respecto al objetivo específico 3**, “Realizar el aforo utilizando un correntómetro en los tramos seleccionados desde la progresiva 0 + 000 km hasta 5 + 140 km, y presentar la distribución de velocidades en dichos tramos”. Se realizaron mediciones que revelaron diversas velocidades de flujo en el canal rectangular. En el tramo comprendido entre la progresiva 0+000 km y 2+060 km, se registraron velocidades de 0.88 m/s, 0.81 m/s y 0.836 m/s. Por otro lado, en el canal trapezoidal, ubicado desde la progresiva 2+060 km hasta 5+140 km, las velocidades observadas fueron de 0.667 m/s, 0.603 m/s y 0.50 m/s. Estos resultados son relevantes al compararlos con los hallazgos de Capcha y Martínez (2021), quienes realizaron un estudio similar y reportaron velocidades promedio en la sección rectangular de 0.92 m/s, 1.03 m/s y 0.93 m/s, así como velocidades de 0.66 m/s y 0.62 m/s en la sección trapezoidal. Esta comparación indica que las velocidades obtenidas en este estudio son, en general, similares a las reportadas en investigaciones previas, sugiriendo que los tramos del canal Jancu presentan características de flujo que se alinean con las condiciones observadas en otros sistemas de riego con configuraciones geométricas comparables.

**Respecto al objetivo específico 4**, “Estimar los valores que alcanzan los caudales del canal de conducción Jancu en su estado actual, desde la progresiva 0+000 km al 5+140 km”. Se registró un caudal de ingreso de 498 l/s y un caudal de salida de 363 l/s, lo que resulta en una variación de 135 l/s. Estos datos reflejan el comportamiento hidráulico del canal y su capacidad para conducir agua a lo largo de este tramo, indicando una pérdida de agua atribuida al deterioro del canal. Al comparar estos resultados con los hallazgos de Capcha y Martínez (2021), quienes reportaron un caudal de ingreso de 667.2 l/s y un caudal de salida de 634.8 l/s, con una variación de 32.4 l/s, se evidencia que, aunque los caudales de ingreso son similares, las pérdidas observadas en el canal Jancu son significativamente mayores.

**Respecto al objetivo específico 5**, “Calcular el presupuesto aproximado para el mejoramiento del estado actual del canal Jancu, desde la progresiva 0 + 000 km hasta 5 + 140 km, utilizando el diagnóstico y el levantamiento topográfico previamente realizados”. Se elaboró un presupuesto utilizando el software S10 para el mejoramiento del canal, basado en todos los datos obtenidos respecto a su estado actual, el cual asciende a un total de S/ 2,015,390.22. La implementación de este presupuesto no solo abordará las deficiencias

existentes del canal, sino que también contribuirá a mejorar su eficiencia de conducción. Con esta referencia presupuestaria, la directiva del comité de regantes podrá gestionar acciones para reducir la pérdida actual del 27.11 %, que se debe al deterioro del canal. Este presupuesto se elaboró en función de la realidad y el estado actual del canal Jancu; por lo tanto, no es posible realizar comparaciones con otros estudios previos en los antecedentes de esta investigación.

### **5.1 Contrastación de la Hipótesis**

***Hipótesis del estudio de investigación:*** La eficiencia de conducción del canal Jancu en su estado actual, desde la progresiva 0.000 km al 5 + 140 km, Huaraz 2023 será mayor al 70 %.

***Resultado de la investigación:*** La hipótesis planteada inicialmente, que establecía que la eficiencia de conducción sería superior al 70 %, se contrasta con los resultados de la investigación, los cuales indican un valor de 72.89 %. Por lo tanto, se puede concluir que la hipótesis se confirma, ya que el resultado se encuentra dentro de los parámetros establecidos.

## VI. CONCLUSIONES

**Respecto al objetivo General:** “Estimar la eficiencia de conducción del canal Jancu en su estado actual, desde la progresiva 0 + 000 km al 5 + 140 km, Huaraz – 2023”.

Se concluye que la eficiencia registrada en el canal Jancu, en el tramo que va desde la progresiva 0+000 km hasta los 5+140 km, tuvo un promedio del 72.89 %. Este porcentaje indica que hay deficiencias en el funcionamiento del canal, lo cual afecta su capacidad para transportar el caudal de manera efectiva.

**Respecto al objetivo Especifico 1:** “Diagnosticar el estado actual del canal Jancu, evaluando desde la progresiva 0 + 000 km hasta 2 + 060 km, que es de mampostería, y desde la progresiva 2 + 060 km hasta 5 + 140 km, es un canal de concreto simple ( $f'c = 175 \text{ kg/m}^2$ ), revestido”.

Se concluye que el diagnóstico del estado del canal de riego Jancu revela que su condición es deficiente, ya que se han identificado diversas problemáticas, como roturas, grietas, acumulación de malezas y sedimentación, además de juntas que carecen de concreto asfáltico y compuertas en mal estado.

**Respecto al objetivo específico 2,** “Realizar el levantamiento topográfico del eje del canal Jancu utilizando una estación total, desde la progresiva 0 + 000 km hasta 5 + 140 km”.

Se concluye que se realizó un levantamiento topográfico que abarca desde la progresiva 0+000 km hasta los 5+140 km. Este proceso permitió recolectar información detallada y precisa sobre la geometría del canal y las alturas del terreno.

**Respecto al objetivo Especifico 3:** “Realizar el aforo utilizando un correntómetro en los tramos seleccionados desde la progresiva 0 + 000 km hasta 5 + 140 km, y presentar la distribución de velocidades en las seis secciones seleccionadas”

Se concluye que los resultados arrojaron una velocidad media promedio de 0.715 m/s, proporcionando información valiosa sobre el comportamiento hidráulico del canal.

**Respecto al objetivo Especifico 4:** “Estimar los valores que alcanzan los caudales del canal de conducción Jancu en su estado actual, desde la progresiva 0+000 km al 5+140 km”.

Se concluye que, tras realizar las mediciones de velocidad y área en las seis secciones seleccionadas, se determinaron los caudales, obteniéndose valores de 0.498 m<sup>3</sup>/s, 0.472 m<sup>3</sup>/s, 0.439 m<sup>3</sup>/s, 0.408 m<sup>3</sup>/s, 0.389 m<sup>3</sup>/s y 0.363 m<sup>3</sup>/s. A partir de estos datos, se calculó un caudal promedio de 0.43 m<sup>3</sup>/s y una pérdida volumétrica máxima de 0.135 m<sup>3</sup>/s-km a lo largo de todo el tramo, lo que representa una pérdida porcentual del 27.11 %.

**Respecto al objetivo Especifico 5:** “Calcular el presupuesto aproximado para el mejoramiento del estado actual del canal Jancu, desde la progresiva 0 + 000 km hasta 5 + 140 km, utilizando el diagnóstico y el levantamiento topográfico previamente realizados”.

Se concluye que el cálculo del presupuesto necesario para el mejoramiento del canal de los 5+140 km se estima en S/ 2,015,390.22, la cual servirá para mejorar la perdida por conducción a lo largo del todo el tramo y por ende mejorar la calidad de vida de la población beneficiaria.

## VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar estudios detallados del sistema de distribución y aplicación del agua en el canal Jancu, con el propósito de determinar la cantidad óptima de agua que cada usuario debe emplear al regar su parcela. Estos estudios permitirán garantizar un uso eficiente y sostenible del recurso hídrico, para optimizar la distribución del agua. De esta manera, se promoverán prácticas de riego que contribuyan a la conservación del recurso y al incremento de la productividad agrícola.

Se recomienda realizar un estudio de caracterización de metales pesados para evaluar la calidad del agua y del sedimento en la base del canal, donde se ha observado una coloración amarillenta. Este análisis permitirá determinar si los niveles de metales presentes son adecuados para usos agropecuarios, asegurando la salud del suelo, los cultivos y el ganado.

Se recomienda llevar a cabo un estudio comparativo de costos entre el revestimiento del canal Jancu con concreto simple de  $210 \text{ kg/cm}^2$  y la implementación de una tubería HDP. Este análisis permitirá evaluar cuál de las dos opciones es más eficiente en términos de inversión inicial, durabilidad y costos de mantenimiento a largo plazo. Además, se busca seleccionar la alternativa que optimice el flujo de agua, minimice las pérdidas por filtración y aumente la eficiencia del sistema de riego en la zona.

Se recomienda realizar nuevos estudios en el canal Jancu para determinar posibles factores adicionales que contribuyan a las pérdidas volumétricas en el sistema de riego. Estos estudios permitirán analizar detalladamente cada causa y ajustar las estimaciones de pérdidas de manera precisa, facilitando la implementación de medidas correctivas. De esta forma, optimizar la eficiencia del sistema de riego, reducir el desperdicio de agua y garantizar un suministro más confiable y sostenible para los usuarios.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arboleda Orozco, J. F., Felipe-Obando, O., & Yerrén Suarez, J. E. (2018). *Manual de hidrometría. Documento Técnico N° 001* SENAMHI-DHI-2018. <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/264>.
- Arias, Fidias. *El proyecto de investigación*. Caracas: Suplidora Van, 2016. Burbano, L. L., & Eraso, M. H. R. (2000). *Medición de corrientes de agua con fines de ingeniería de regadíos*. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 17(1), 338-353. <https://abacoenred.org/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf>
- Capcha Ricaldi, G. S., & Martínez Chuquillanqui, F. J. (2021). *Evaluación de eficiencia hidráulica de canales de riego por gravedad-canal Huayao, Chupaca, Junín 2021*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11093>
- Céspedes Azañero, J. C., & Manayay Manayay, J. (2022). *Evaluación de las eficiencias en la conducción y distribución de agua para riego del canal Soltín Derecho- Ferreñafe y su posible solución*. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/11048>
- Cieza Zamudio, G. (2019) . *Un análisis de la eficiencia de conducción en canales de irrigación para zonas altoandinas caso: Turuco, del distrito de bellavista, provincia de jaén-Cajamarca*. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/4964>
- González Camacho, A. (2001). Aforos de descargas. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. <http://hdl.handle.net/20.500.12013/1098>
- Guevara Orbezo, S. 2017. *Optimización del Agua de Riego mediante el Mejoramiento del canal la Manzana y sus Estructuras Hidráulicas en el Caserío Simón Bolívar, Distrito de Usqui, Provincia de Otuzco – La Libertad*. <https://dspace.unitru.edu.pe/items/70772d1e-ff19-4bbf-8813-dc1680f3afdf>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2006). *Análisis de los datos cuantitativos. Metodología de la investigación*, 6, 270-335. [https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w25172w/MICCT05\\_S4\\_Analisis\\_de\\_datos.pdf](https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w25172w/MICCT05_S4_Analisis_de_datos.pdf)
- Instituto Nacional De Recursos Naturales - INRENA (2005). *Manual de Hidrometría (1era ed.)*. *Proyecto Subsectorial de Irrigación – PSI*. Perú. Pag. 4-26.

<https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/278/1/Estudio%20de%20preinversion.pdf>

Justiniano Obregon, J. D. (2022). *Diseño del canal de riego del Caserío de Conchumayo, Distrito Santa María del Valle, Huánuco, 2022.*

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/105226>

Kennedy Pérez, A., Fragoza Díaz, F., Peña Peña, E., & Moreno Bañuelos, E. (1991). *Manual de aforos.* <http://hdl.handle.net/20.500.12013/971>

Martínez Salazar, L. (2018). *Diseño de bocatoma, desarenador y canal de conducción para el sistema de riego por gravedad en el sector de Ccaraccoto de la comunidad de Sullecca, distrito de Marangani-Canchis-Cusco.*

<https://hdl.handle.net/20.500.12990/9617>

Morales Carbonel, E. J. (2017). Evaluación de la eficiencia de conducción de dos kilómetros del Canal Rinrin Pampa y determinación de los procedimientos para mejorar su eficiencia, en el Distrito de Pampa Chico–Recuay–Región Ancash.

<https://hdl.handle.net/20.500.14414/9439>

Nizama Bobadilla, M. W. (2019). Evaluación de la eficiencia de conducción del canal Sinchao desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 7+600, para optimizar la dotación de agua del subsector hidráulico Sinchao Parte Alta – Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Medio y Bajo Piura.

<https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1470>

Palacios-Vélez, E. (1991). La eficiencia en el uso del agua en los distritos de riego. Colegio de Postgraduados. <http://hdl.handle.net/20.500.12013/2132>

Proyecto Subsectorial de Irrigación - PSI (2004). *Determinación de eficiencias de conducción y de distribución.* Perú. Pag. 13-51.

[https://www.psi.gob.pe/docs/%5Cbiblioteca%5Cmanuales%5Cdeterminacion\\_eficiencias.pdf](https://www.psi.gob.pe/docs/%5Cbiblioteca%5Cmanuales%5Cdeterminacion_eficiencias.pdf)

Rocha, A. (2007). *Hidráulica de tuberías y canales.* Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Civil, Perú.

Salazar Hidalgo, K. D. (2019). Estimación de pérdidas de caudal y coeficiente de rugosidad del tramo comprendido entre el óvalo 12 al 19 del canal de riego Ambato-Huachi-Pelileo, cantón Cevallos, provincia de Tungurahua (Bachelor's thesis, Universidad

Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil). <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/30174>

Tineo Ordoñez, A. W. (2021). Estudio y evaluación de las eficiencias por conducción y distribución del recurso hídrico en el canal L1 Chacupe del sub sector hidráulico Monsefú. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/9553>

Vargas Zacarías, A. B. (2021). Recuperación de la eficiencia hidráulica en estructuras de conducción abierta – Canal de Riego Apata, Región Junín en el 2019. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/7044>

Villon Bejar, M. (2002). Diseño de Estructuras Hidráulicas. Primera Edición, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago-Costa Rica.

Villon Bejar, Máximo. 2002. Hidrología. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Agrícola. Editorial Villon. Lima – Perú.

## IX. ANEXOS

### ANEXO A: Evidencia fotográficas

#### Fotografía 1

*Estado actual del canal Jancu.*



*Nota:* En la fotografía se observa vegetación existente en las paredes a lo largo del canal de estudio.

#### Fotografía 2

*Estado actual del canal Jancu.*



*Nota:* En la fotografía se observa vegetación existente a lo largo de las paredes del canal de estudio.

#### Fotografía 4

*Estado actual del canal Jancu.*



*Nota:* En la fotografía se observa la rotura de la pared lateral izquierda del canal de estudio.

#### Fotografía 3

*Estado actual del canal Jancu.*



*Nota:* En la fotografía se observa la rotura de la pared lateral izquierda del canal de estudio.

## Fotografía 5

*Estado actual del canal Jancu.*



*Nota:* En la fotografía se observa fisura en la pared lateral izquierda del canal de estudio

## Fotografía 6

*Estado actual del canal Jancu.*



*Nota:* En la fotografía se observa vegetación existente a lo largo de las paredes del canal de estudio.

### Fotografía 7

*Estado actual del canal Jancu.*



*Nota:* En la fotografía se observa erosión en la parte y roturas en las paredes laterales del canal de estudio

### Fotografía 8

*Estado actual del canal Jancu.*



*Nota:* En la fotografía se observa rotura en la pared lateral derecha y vegetación.

### Fotografía 9

*Estado actual del canal Jancu.*



*Nota:* En la fotografía se observa la rotura de la pared lateral izquierda del canal a causa de las raíces.

### Fotografía 10

*Estado actual del canal Jancu.*



*Nota:* En la fotografía se observa el desgaste en el revestimiento.

### Fotografía 11

*Estado actual del canal Jancu.*



*Nota:* En la fotografía se observa sedimentación en el lecho del canal.

### Fotografía 12

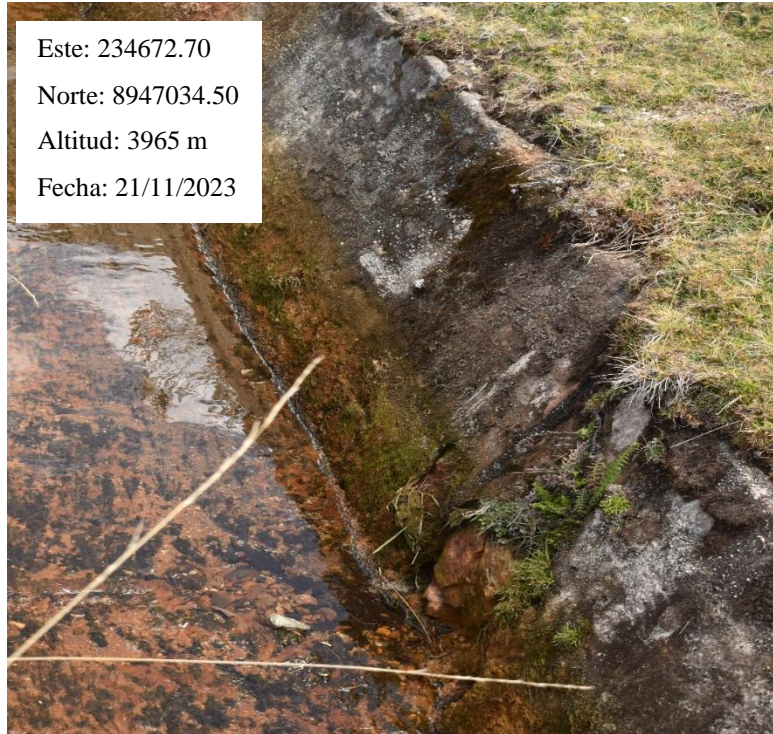
*Estado actual del canal Jancu.*



*Nota:* En la fotografía se observa la rotura de la pared lateral izquierda del canal de estudio

### Fotografía 13

*Estado actual del canal Jancu.*



*Nota:* En la fotografía se observa el deterioro de las juntas de dilatación.

### Fotografía 14

*Estado actual del canal Jancu.*



*Nota:* En la fotografía se observa el cambio de sección de rectangular a trapecoidal.

### Fotografía 15

*Estado actual del canal Jancu.*



*Nota:* En la fotografía se observa sedimentación en el lecho del canal de estudio

### Fotografía 16

*Estado actual del canal Jancu.*



*Nota:* En la fotografía se observa la compuerta deteriorada.

## Fotografía 17

*Estado actual del canal Jancu.*



*Nota:* En la fotografía se observa las juntas de dilatación con vegetación, y sin asfalto.

## Fotografía 18

*Estado actual del canal Jancu.*



*Nota:* En la fotografía se observa que por la compuerta lateral hay fuga de agua.

### Fotografía 19

*Estado actual del canal Jancu.*

Este: 233232.02

Norte: 8946623.35

Altitud: 3965 m

Fecha: 21/11/2023



*Nota:* En la fotografía se observa que las juntas de dilatación ya no cuenta con asfalto.

### Fotografía 20

*Estado actual del canal Jancu.*

Este: 233063.30

Norte: 8946635.69

Altitud: 3965 m

Fecha: 21/11/2023



*Nota:* En la fotografía se observa fisuras en la pared lateral derecha del canal.

### Fotografía 21

*Estado actual del canal Jancu.*



*Nota:* En la fotografía se observa sedimentos en el lecho del canal.

### Fotografía 22

*Estado actual del canal Jancu.*



*Nota:* En la fotografía se observa que hay mucha sedimentación en el canal.

### Fotografía 23

*Levantamiento topográfico con dron.*



*Nota:* En la fotografía se observa el vuelo del dron, para el levantamiento topográfico del canal Jancu con un abscisado de 40 m.

### Fotografía 24

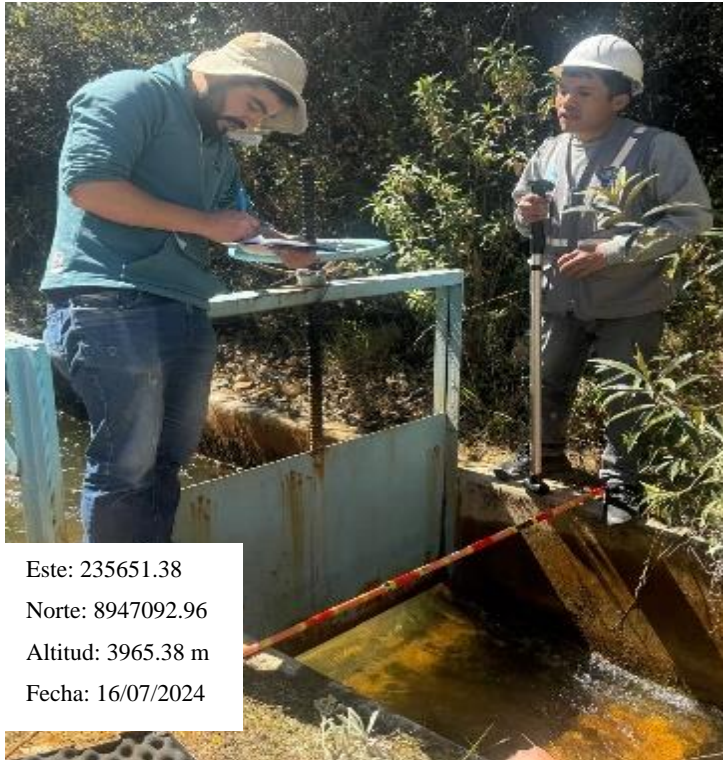
*Levantamiento topográfico con estación total.*



*Nota:* En la fotografía se observa el levantamiento topográfico de toda la estructura del canal.

### Fotografía 25

*Aforo con correntómetro.*



Este: 235651.38  
Norte: 8947092.96  
Altitud: 3965.38 m  
Fecha: 16/07/2024

*Nota:* En la fotografía se observa el aforamiento con el correntómetro con la ayuda de los ingenieros del laboratorio de calidad ambiental.

### Fotografía 26

*Estado actual del canal Jancu.*



Este: 235563.39  
Norte: 8947039.65  
Altitud: 3965.30 m  
Fecha: 16/07/2024

*Nota:* En la fotografía se observa el aforamiento con el correntómetro con la ayuda de los ingenieros del laboratorio de calidad ambiental.

### Fotografía 27

*Medición de la sección del canal.*



*Nota:* En la fotografía se observa la medición del espejo de agua para posteriormente seccionarlas y aforar.

### Fotografía 28

*Aforo con correntómetro.*



*Nota:* En la fotografía se observa el aforamiento con el correntómetro con la ayuda de los ingenieros del laboratorio de calidad ambiental.

## Anexo B: Ficha de recolección de datos.

### Hoja de Campo - Caudal

CLIENTE/PROYECTO:	COTIZACION
-------------------	------------

DATOS DE REFERENCIA	N°	ANCHO DEL CAUCE (m)	TRAMOS	Altura de los puntos (cm)	DISTANCIA ENTRE PTS (cm)	TIRANTE en el punto medio(cm)	PORCENT. (%)	VELOCIDADES (m/s)					
CÓDIGO	1		A - B	A =			50.00%						
				B =			60.00%						
							20.00%						
							80.00%						
COORDENADAS	2		B - C	B =			50.00%						
Este:				C =			60.00%						
							20.00%						
							80.00%						
Norte:	3		C - D	C =			50.00%						
				D =			60.00%						
							20.00%						
							80.00%						
Altitud:	4		D - E	D =			50.00%						
				E =			60.00%						
							20.00%						
							80.00%						
FECHA	5		E - F	E =			50.00%						
				F =			60.00%						
							20.00%						
							80.00%						
HORA													
Descripción													

DATOS DE REFERENCIA	N°	ANCHO DEL CAUCE (m)	TRAMOS	Altura de los puntos (cm)	DISTANCIA ENTRE PTS (cm)	TIRANTE en el punto medio(cm)	PORCENT. (%)	VELOCIDADES (m/s)					
CÓDIGO	1		A - B	A =			50.00%						
				B =			60.00%						
							20.00%						
							80.00%						
COORDENADAS	2		B - C	B =			50.00%						
Este:				C =			60.00%						
							20.00%						
							80.00%						
Norte:	3		C - D	C =			50.00%						
				D =			60.00%						
							20.00%						
							80.00%						
Altitud:	4		D - E	D =			50.00%						
				E =			60.00%						
							20.00%						
							80.00%						
FECHA	5		E - F	E =			50.00%						
				F =			60.00%						
							20.00%						
							80.00%						
HORA													
Descripción													

DATOS DE REFERENCIA	N°	ANCHO DEL CAUCE (m)	TRAMOS	Altura de los puntos (cm)	DISTANCIA ENTRE PTS (cm)	TIRANTE en el punto medio(cm)	PORCENT. (%)	VELOCIDADES (m/s)					
CÓDIGO	1		A - B	A =			50.00%						
				B =			60.00%						
							20.00%						
							80.00%						
COORDENADAS	2		B - C	B =			50.00%						
Este:				C =			60.00%						
							20.00%						
							80.00%						
Norte:	3		C - D	C =			50.00%						
				D =			60.00%						
							20.00%						
							80.00%						
Altitud:	4		D - E	D =			50.00%						
				E =			60.00%						
							20.00%						
							80.00%						
FECHA	5		E - F	E =			50.00%						
				F =			60.00%						
							20.00%						
							80.00%						
HORA													
Descripción													

## Anexo C: Diagnostico del canal Jancu.

Diagnostico y evaluación del canal Jancu.									
Nombre del río	Ubicación		Características del canal			Problemas	Causas	Efectos o consecuencias	Calificación
	Prog. Km	Margen	Sección	Tipo	Estado Actual				
R I O  S H A L L A P	0+010	Margen Izquierdo del eje	Rectangular	Mamposteria	Deterioro de la pared lateral y el fondo	Presencia de fisuras y grietas en la estructura, así como acumulación de sedimentos en el lecho del canal.	Revestimiento deteriorado, exposición a temperaturas extremas, vegetación alrededor del canal	Perdidas de agua, baja eficiencia de conducción.	Deficiente.
	0+050	Margen Derecho del eje	Rectangular	Mamposteria	Deterioro de la pared lateral y el fondo	Alta presencia de fisuras y vegetacion.	Falta de mantenimiento regular, sedimentación, desgaste del revestimiento.	Incremento de los costos de mantenimiento.	Deficiente.
	0+100	Margen Derecho del eje	Rectangular	Mamposteria	Deterioro de la pared lateral y el fondo	Acumulación de sedimentos en el lecho del canal, erosión.	Desgaste en las paredes y fondo del canal, velocidad del flujo insuficiente.	Incremento del Riesgo de Desbordes e Inundaciones	Deficiente.
	0+240	Margen Izquierdo del eje	Rectangular	Mamposteria	Deterioro de la pared lateral y el fondo	Daño por raíces, hacia las paredes fisurados.	Vegetación cercana	Desborde en zonas críticas, baja eficiencia.	Deficiente.
	0+320	Margen Derecho del eje	Rectangular	Mamposteria	Deterioro de la pared lateral y el fondo	Rotura de la pared lateral, agritamientos, sedimentación.	Deterioro del revestimiento, actividad sísmica, vegetacion alrededor del canal.	Fugas de agua, daño a la estructura, desestabilización del suelo.	Deficiente.
	0+480	Margen Izquierdo del eje	Rectangular	Mamposteria	Deterioro de la pared lateral y el fondo	Crecimimnto de vegetacion en las paredes laterales, obstrucción, sedimentacion, fisuras.	Falta de control de la vegetacion en y alrededor del canal y la falta de mantenimiento.	Erosión y Daños en las Paredes del Canal	Deficiente.
	0+510	Margen Derecho del eje	Rectangular	Mamposteria	Deterioro de la pared lateral y el fondo	Presencia de fisuras y grietas en la estructura, así como acumulación de sedimentos en el lecho del canal.	Falta de control de la vegetacion en y alrededor del canal y la falta de mantenimiento.	Perdidas de agua, baja eficiencia de conducción.	Deficiente.
	0+660	Margen Derecho del eje	Rectangular	Mamposteria	Deterioro de la pared lateral y el fondo	Presencia de grietas, fisuras, presencia de vegetacion en el lecho del canal.	Lluvias intensas y arrastre de sedimentos, falta de mantenimiento.	Desborde en zonas críticas, baja eficiencia.	Deficiente.
	0+790	Margen Derecho del eje	Rectangular	Mamposteria	Deterioro de la pared lateral y el fondo	Rotura de la pared lateral, agritamientos, sedimentación.	Deterioro del revestimiento, creciemimnto de vegetacion alrededor del canal.	Fugas de agua, daño a la estructura, desestabilización del suelo.	Deficiente.
	0+830	Margen Izquierdo del eje	Rectangular	Mamposteria	Deterioro de la pared lateral y el fondo	Daño por raíces, hacia las paredes fisuradas.	Falta de control de la vegetacion en y alrededor del canal y la falta de mantenimiento.	Fugas de agua, daño a la estructura, desestabilización del suelo.	Deficiente.
	0+900	Margen Derecho del eje	Rectangular	Mamposteria	Deterioro de la pared lateral y el fondo	Presencia de fisuras y grietas en la estructura	Deterioro del revestimiento, creciemimnto de vegetacion alrededor del canal.	Perdidas de agua, daño a la estructura.	Deficiente.
	1+050	Margen Derecho del eje	Rectangular	Mamposteria	Deterioro de la pared lateral y el fondo	Crecimimnto de vegetacion en las paredes laterales, obstrucción, sedimentacion, fisuras.	Falta de control de la vegetacion en y alrededor del canal y la falta de mantenimiento.	Erosión y Daños en las Paredes del Canal	Deficiente.
	1+130	Margen Derecho del eje	Rectangular	Mamposteria	Deterioro de la pared lateral y el fondo	Acumulación de sedimentos en el lecho	Falta de mantenimiento regular.	positivos atascos en tramos criticos, disminución en la velocidad del flujo.	Deficiente.
	1+210	Margen Izquierdo del eje	Rectangular	Hormigon	Deterioro de la pared lateral y el fondo	Daño por raíces, hacia las paredes fisurados y la junta de dilatacion..	Falta de control de la vegetacion en y alrededor del canal y la falta de mantenimiento.	Incremento de los costos de mantenimiento.	Deficiente.
	1+290	Margen Derecho del eje	Rectangular	Hormigon	Deterioro de la pared lateral y el fondo	Presencia de fisuras y grietas en la estructura	Deterioro del revestimiento, creciemimnto de vegetacion alrededor del canal.	Perdidas de agua, daño a la estructura y baja eficiencia.	Deficiente.
1+370	Margen Derecho del eje	Rectangular	Hormigon	Deterioro de la pared lateral y el fondo	Rotura en los bordes del canal.	Deterioro del revestimiento, creciemimnto de vegetacion alrededor del canal.	Perdidas de agua, daño a la estructura y baja eficiencia.	Deficiente.	

1+450	Margen Izquierdo del eje	Rectangular	Hormigon	Deterioro de la pared lateral y el fondo	Juntas en mal estado, vegetacion en las juntas.	Falta de control de la vegetacion en y alrededor del canal y la falta de mantenimiento.	Erosión y Daños en las Paredes del Canal	Deficiente.
1+530	Margen Derecho del eje	Rectangular	Hormigon	Deterioro de la pared lateral y el fondo	Presencia de grietas, fisuras, presencia de vegetacion en el lecho del canal.	Deterioro del revestimiento, crecimineto de vegetacion alrededor del canal y la falta de mantenimiento.	Perdidas de agua, daño a la estructura y baja eficiencia.	Deficiente.
1+760	Margen Derecho del eje	Rectangular	Hormigon	Deterioro de la pared lateral y el fondo	Daño por raíces, hacia las paredes fisuradas.	Falta de control de la vegetacion en y alrededor del canal y la falta de mantenimiento.	Erosión y Daños en las Paredes del Canal	Deficiente.
1+890	Margen Izquierdo del eje	Rectangular	Hormigon	Deterioro de la pared lateral y el fondo	Crecimieneto de vegetacion en las paredes laterales, obstrucción, sedimentacion, fisuras.	Falta de control de la vegetacion en y alrededor del canal y la falta de mantenimiento.	Incremento de los costos de mantenimiento.	Deficiente.
2 + 050	Margen Derecho del eje	Trapezoidal	Hormigon	Deterioro de la pared lateral y el fondo	Acumulación de sedimentos en el lecho	Falta de mantenimiento regular.	posibles atascos en tramos críticos, disminución en la velocidad del flujo.	Deficiente.
2 + 650	Margen Derecho del eje	Trapezoidal	Concreto	Deterioro de la pared lateral	Fisuras	Deterioro del revestimiento.	Daños a la estructura.	Regular
3 + 040	Margen Derecho del eje	Trapezoidal	Concreto	Compuerta en malestado	Fala de mantenimiento y deterioro de la compuerta.	Corrosión y oxidación, Agua con alto contenido de sales o químicos	Pérdidas de agua y daños a las parcelas cercanas	Regular
3 + 450	Margen Izquierdo del eje	Trapezoidal	Concreto	Compuerta en malestado	Fala de mantenimiento y deterioro de la compuerta.	Corrosión y oxidación, Agua con alto contenido de sales o químicos	Pérdidas de agua y daños a las parcelas cercanas	Regular
3 + 580	Margen Derecho del eje	Trapezoidal	Concreto	pared lateral y el fondo del canal	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Regular
4 + 050	Margen Izquierdo del eje	Trapezoidal	Concreto	Compuerta en malestado	Fala de mantenimiento y deterioro de la compuerta.	Corrosión y oxidación, Agua con alto contenido de sales o químicos	Pérdidas de agua y daños a las parcelas cercanas	Regular
4 + 500	Margen Derecho del eje	Trapezoidal	Concreto	Deterioro de la pared lateral y el fondo	Acumulación de sedimentos en el lecho	Falta de mantenimiento regular.	posibles atascos en tramos críticos, disminución en la velocidad del flujo.	Regular

## Anexo D: Presupuesto para el mejoramiento.

S10

Página

1

### Presupuesto

Presupuesto	1301001	ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL CANAL JANCU EN SU ESTADO ACTUAL, DESDE LA PROGRESIVA 0+000 KM AL 5+140 KM, HUARAZ - 2023		
Subpresupuesto	001	MEJORAMIENTO DEL CANAL JANCU		
Cliente		OLIVEROS CHAVEZ, ROBERTH AUGUSTO	Costo al	30/09/2024
Lugar		ANCASH - HUARAZ - HUARAZ		

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/	Parcial S/
<b>01</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>				<b>6,661.95</b>
01.01	CARTEL DE OBRA 3.60x2.4	und	1.00	1,631.95	1,631.95
01.02	OFICINAS, ALMACENES, CASETA DE GUARDIANA, COMEDOR Y VESTUARIO	mes	3.00	660.00	1,980.00
01.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	glb	1.00	3,050.00	3,050.00
<b>02</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>9,868.80</b>
02.01	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO CON EQUIPO	m2	5,140.00	1.92	9,868.80
<b>03</b>	<b>DEMOLICIONES Y DESMONTAJES</b>				<b>39,104.95</b>
03.01	DEMOLICIONES DE CANAL DE CONCRETO	m3	626.24	61.17	38,307.10
03.02	DESMONTAJE Y RETIRO DE TOMA LATERAL	und	15.00	53.19	797.85
<b>04</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>24,027.82</b>
04.01	EXCAVACION MANUAL PARA CANAL RECTANGULAR e=0.20m	m3	356.22	38.00	13,536.36
04.02	ELIMINACION CON TRANSPORTE (CARGUIO A MANO) R=25 m3/día	m3	601.23	17.45	10,491.46
<b>05</b>	<b>CANAL ABIERTO RECTANGULAR</b>				<b>1,679,761.01</b>
05.01	PERFILADO Y COMPACTADO A NIVEL DE SUB-RASANTE	m2	1,500.00	642.99	964,485.00
05.02	MAT. PBASE PUESTO EN OBRA	m3	422.00	55.00	23,210.00
05.03	EXT. RIEGO Y COMPC. DE SUB BASE E=0.10M	m2	2,000.00	2.28	4,560.00
05.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN CANAL RECTANGULAR	m2	6,180.00	31.14	192,445.20
05.05	CONCRETO f <sub>c</sub> =210 kg/cm <sup>2</sup>	m3	1,240.00	364.08	451,459.20
05.06	JUNTAS ASFALTICAS	m	5,450.68	4.87	26,544.81
05.07	CURADO CON ADITIVO QUIMICO EN CONCRETO	m2	6,180.00	2.76	17,056.80
<b>06</b>	<b>TOMA LATERAL</b>				<b>17,879.19</b>
06.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN TOMA LATERAL	m2	7.50	31.14	233.55
06.02	CONCRETO f <sub>c</sub> =210 kg/cm <sup>2</sup>	m3	1.69	364.08	615.30
06.03	INSTALACIÓN COMPUERTA DE 0.30 X 0.60	und	12.00	634.35	7,612.20
06.04	INSTALACIÓN COMPUERTA DE 0.50 X 0.70	und	4.00	634.35	2,537.40
06.05	INSTALACIÓN DE COMPUERTA DE 1.20 X 0.80	und	2.00	634.35	1,268.70
06.06	INSTALACIÓN DE LIMNÍMETRO	und	18.00	306.60	5,518.80
06.07	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	36.00	2.59	93.24
<b>06.08</b>	<b>SEGURIDAD Y SALUD</b>				<b>12,592.50</b>
06.09	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD DE SALUD Y PREVENCIÓN EN OBRA	glb	1.00	6,592.50	6,592.50
06.10	APLICACIÓN DEL PLAN DE MITIGACIÓN AMBIENTAL EN OBRA	glb	1.00	6,000.00	6,000.00
<b>06.11</b>	<b>VARIOS</b>				<b>225,494.00</b>
06.12	LIMPIEZA DE OBRA	m2	6,200.00	36.37	225,494.00
	<b>Costo Directo</b>				<b>2,015,390.22</b>

SON : DOS MILLONES QUINCE MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y 22/100 SOLES

## Anexo E: Análisis de precios unitarios.

S10

Página : 1

### Análisis de precios unitarios

Presupuesto	1301001	ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL CANAL JANCU EN SU ESTADO ACTUAL, DESDE LA PROGRESIVA 0+000 KM AL 5+140 KM, HUARAZ - 2023					Fecha presupuesto	30/09/2024
Subpresupuesto	001	MEJORAMIENTO DEL CANAL JANCU						
Parida	01.01	CARTEL DE OBRA 3.60x2.4						
Rendimiento	und/DIA	MO. 0.5000	EQ. 0.5000	Costo unitario directo por : und			1,631.95	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/		
<b>Mano de Obra</b>								
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	32.0000	15.41	493.12		
0101010005	PEON	hh	3.0000	48.0000	12.50	600.00		
						<b>1,093.12</b>		
<b>Materiales</b>								
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.1000	5.20	0.52		
02041200010007	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg		0.1000	5.20	0.52		
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		85.0000	5.00	425.00		
02310500010001	TRIPLAY LUPUNA 4 x 8 x 4 mm	pln		2.0000	40.00	80.00		
						<b>506.04</b>		
<b>Equipos</b>								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1,093.12	32.79		
						<b>32.79</b>		
Parida	01.02	OFICINAS, ALMACENES, CASETA DE GUARDIANIA, COMEDOR Y VESTUARIO						
Rendimiento	mes/DIA	MO.	EQ.	Costo unitario directo por : mes			660.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/		
<b>Mano de Obra</b>								
01010300020001	GUARDIAN DE DIA	sem		1.0000	105.00	105.00		
01010300020002	GUARDIAN DE NOCHE	sem		1.0000	105.00	105.00		
						<b>210.00</b>		
<b>Equipos</b>								
03013500010004	CONTENEDOR ALMACEN	glb		3.0000	150.00	450.00		
						<b>450.00</b>		
Parida	01.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS						
Rendimiento	glb/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : glb			3,050.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/		
<b>Materiales</b>								
02030100060002	VIAJE TERRESTRE DE IDA (EN CAMA BAJA)	vje		1.0000	800.00	800.00		
02030100060004	VIAJE TERRESTRE DE VUELTA (EN CAMA BAJA)	vje		1.0000	1,200.00	1,200.00		
						<b>2,000.00</b>		
<b>Equipos</b>								
0304010001	EQUIPO AUTOTRANSPORTADO (VOLQ/CIST/ETC) IDA	und		1.0000	500.00	500.00		
0304010002	EQUIPO AUTOTRANSPORTADO (VOLQ/CIST/ETC) VUELTA	und		1.0000	550.00	550.00		
						<b>1,050.00</b>		
Parida	02.01	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO CON EQUIPO						
Rendimiento	m2/DIA	MO. 500.0000	EQ. 500.0000	Costo unitario directo por : m2			1.92	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/		
<b>Mano de Obra</b>								
01010300000005	OPERARIO TOPOGRAFO	hh	0.0600	0.0010	14.00	0.01		
						<b>0.01</b>		
<b>Materiales</b>								
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.2500	1.00	0.25		
0213030001	YESO	kg		0.0500	8.00	0.40		
02130600010001	OCRE ROJO	kg		0.0100	10.00	0.10		
0240020001	PINTURA ESMALTE	gal		0.0050	10.00	0.05		
0276010010	WINCHA METALICA	und		0.2000	4.00	0.80		
						<b>1.60</b>		
<b>Equipos</b>								
0301000002	NIVEL TOPOGRAFICO	día	0.5000	0.0010	8.00	0.01		
03014900010001	CORDEL	rl		0.3000	1.00	0.30		
						<b>0.31</b>		

### Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1301001 ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL CANAL JANCU EN SU ESTADO ACTUAL, DESDE LA PROGRESIVA 0+000 KM AL 5+140 KM, HUARAZ - 2023

Subpresupuesto 001 MEJORAMIENTO DEL CANAL JANCU Fecha presupuesto 30/09/2024

Partida 03.01 DEMOLICIONES DE CANAL DE CONCRETO

Rendimiento m3/DIA MO. 20.0000 EQ. 20.0000 Costo unitario directo por : m3 61.17

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
<b>Mano de Obra</b>						
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.4000	13.33	5.33
0101010005	PEON	hh	4.0000	1.6000	12.50	20.00
<b>25.33</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	25.33	1.27
03011400020002	MARTILLO NEUMATICO DE 29 kg	hm	2.0000	0.8000	4.71	3.77
03011400060003	COMPRESORA NEUMATICA 250 - 330 PCM - 87 HP	hm	1.0000	0.4000	77.01	30.80
<b>35.84</b>						

Partida 03.02 DESMONTAJE Y RETIRO DE TOMA LATERAL

Rendimiento und/DIA MO. 5.0000 EQ. 5.0000 Costo unitario directo por : und 53.19

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
<b>Mano de Obra</b>						
0101010004	OFICIAL	hh	0.5000	0.8000	13.33	10.66
0101010005	PEON	hh	2.0000	3.2000	12.50	40.00
<b>50.66</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	50.66	2.53
<b>2.53</b>						

Partida 04.01 EXCAVACION MANUAL PARA CANAL RECTANGULAR e=0.20m

Rendimiento m3/DIA MO. 3.0000 EQ. 3.0000 Costo unitario directo por : m3 38.00

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
<b>Mano de Obra</b>						
0101010004	OFICIAL	hh	0.1000	0.2667	13.33	3.56
0101010005	PEON	hh	1.0000	2.6667	12.50	33.33
<b>36.89</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	36.89	1.11
<b>1.11</b>						

Partida 04.02 ELIMINACION CON TRANSPORTE (CARGUIO A MANO) R=25 m3/día

Rendimiento m3/DIA MO. 300.0000 EQ. 300.0000 Costo unitario directo por : m3 17.45

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0027	18.00	0.05
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.1067	12.50	1.33
<b>1.38</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1.38	0.07
0301220009	CAMION VOLQUETE 4X2 140-210 HP 6 M3	hm	5.0000	0.1333	120.00	16.00
<b>16.07</b>						

## Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1301001 ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL CANAL JANCU EN SU ESTADO ACTUAL, DESDE LA PROGRESIVA 0+000  
KM AL 5+140 KM, HUARAZ - 2023

Subpresupuesto 001 MEJORAMIENTO DEL CANAL JANCU Fecha presupuesto 30/09/2024

Partida 05.01 PERFILADO Y COMPACTADO A NIVEL DE SUB-RASANTE

Rendimiento m2/DIA MO. 1,000.0000 EQ. 1,000.0000 Costo unitario directo por : m2 642.99

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
<b>Mano de Obra</b>						
0101010004	OFICIAL	hh	468.7500	3.7500	13.33	49.99
0101010005	PEON	hh	1,500.0000	12.0000	12.50	150.00
<b>199.99</b>						
<b>Materiales</b>						
0207070002	AGUA	m3		1.0000	1.00	1.00
<b>1.00</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	199.99	10.00
0301100001	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA 7 HP	hm	500.0000	4.0000	8.00	32.00
0301100008	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO CANGURO	hm	500.0000	4.0000	100.00	400.00
<b>442.00</b>						

Partida 05.02 MAT. P/BASE PUESTO EN OBRA

Rendimiento m3/DIA MO. 480.0000 EQ. 480.0000 Costo unitario directo por : m3 55.00

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
<b>Mano de Obra</b>						
0101010005	PEON	hh	0.2000	0.0033	12.50	0.04
<b>0.04</b>						
<b>Materiales</b>						
02070400010006	MATERIAL GRANULAR PARA RELLENO	m3		1.0000	45.00	45.00
<b>45.00</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.04	
03011600010002	CARGADOR FRONTAL CAT-930	hm	1.0000	0.0167	150.00	2.51
03011700010001	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 115-165 HP	hm	1.0000	0.0167	210.00	3.51
0301220004	CAMION VOLQUETE	hm	0.8000	0.0133	120.00	1.60
03014000040001	ZARANDA VIBRATORIA 140 HP - 100 ton/h (INC. G.E.)	hm	1.0000	0.0167	140.00	2.34
<b>9.96</b>						

Partida 05.03 EXT. RIEGO Y COMPC. DE SUB BASE E=0.10M

Rendimiento m2/DIA MO. 150.0000 EQ. 150.0000 Costo unitario directo por : m2 2.28

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
<b>Mano de Obra</b>						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0533	15.41	0.82
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.1067	12.50	1.33
<b>2.15</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.15	0.06
0301100001	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA 7 HP	hm	0.1600	0.0085	8.00	0.07
<b>0.13</b>						

S10

Página : 4

## Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1301001 ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL CANAL JANCU EN SU ESTADO ACTUAL, DESDE LA PROGRESIVA 0+000  
KM AL 5+140 KM, HUARAZ - 2023

Subpresupuesto 001 MEJORAMIENTO DEL CANAL JANCU Fecha presupuesto 30/09/2024

Partida 05.04 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN CANAL RECTANGULAR

Rendimiento m2/DIA MO. 15.0000 EQ. 15.0000 Costo unitario directo por : m2 31.14

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
<b>Mano de Obra</b>						
0101010003	OPERARIO	hh	0.2500	0.1333	15.41	2.05
0101010005	PEON	hh	2.0000	1.0667	12.50	13.33
<b>15.38</b>						
<b>Materiales</b>						
0201040001	PETROLEO D-2	gal		0.4000	12.00	4.80
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.1500	5.20	0.78
02041200010007	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg		0.1000	5.20	0.52
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		1.7780	5.00	8.89
<b>14.99</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	15.38	0.77
<b>0.77</b>						

Partida	05.05		CONCRETO Fc=210 kg/cm2					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por : m3			364.08	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/		
<b>Mano de Obra</b>								
0101010003	OPERARIO	hh	0.5000	0.4000	15.41	6.16		
0101010004	OFICIAL	hh	0.5000	0.4000	13.33	5.33		
0101010005	PEON	hh	5.0000	4.0000	12.50	50.00		
							<b>61.49</b>	
<b>Materiales</b>								
0201030001	GASOLINA	gal		0.0300	12.00	0.36		
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3		0.9000	60.00	54.00		
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.4000	45.00	18.00		
0207070002	AGUA	m3		0.1850	1.00	0.19		
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		8.0000	23.20	185.60		
0222150002	ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE	m3		0.0408	850.00	34.68		
0222150003	ADITIVO IMPERMEABILIZANTE DE AGUA	m3		0.0143	78.29	1.12		
							<b>293.95</b>	
<b>Equipos</b>								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	61.49	1.84		
03012900010004	VIBRADOR A GASOLINA	día	1.0000	0.1000	4.00	0.40		
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.8000	8.00	6.40		
							<b>8.64</b>	

Partida	05.06		JUNTAS ASFALTICAS					
Rendimiento	m/DIA	MO. 100.0000	EQ. 100.0000	Costo unitario directo por : m			4.87	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/		
<b>Mano de Obra</b>								
0101010004	OFICIAL	hh	0.5000	0.0400	13.33	0.53		
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.2400	12.50	3.00		
							<b>3.53</b>	
<b>Materiales</b>								
02010500010001	ASFALTO RC-250	gal		0.1330	8.00	1.06		
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.0023	45.00	0.10		
							<b>1.16</b>	
<b>Equipos</b>								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	3.53	0.18		
							<b>0.18</b>	
S10							Página : 5	

### Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1301001 ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL CANAL JANCU EN SU ESTADO ACTUAL, DESDE LA PROGRESIVA 0+000 KM AL 5+140 KM, HUARAZ - 2023

Subpresupuesto 001 MEJORAMIENTO DEL CANAL JANCU Fecha presupuesto 30/09/2024

Partida	05.07		CURADO CON ADITIVO QUIMICO EN CONCRETO					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 250.0000	EQ. 250.0000	Costo unitario directo por : m2			2.76	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/		
<b>Mano de Obra</b>								
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0320	12.50	0.40		
							<b>0.40</b>	
<b>Materiales</b>								
0207070002	AGUA	m3		0.1000	1.00	0.10		
0222030001	ANTISOL NORMALIZADO	kg		0.1000	21.00	2.10		
							<b>2.20</b>	
<b>Equipos</b>								
03013600010001	MOCHILA AGRICOLA	hm	1.0000	0.0320	5.00	0.16		
							<b>0.16</b>	

Partida	06.01		ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN TOMA LATERAL					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 15.0000	EQ. 15.0000	Costo unitario directo por : m2			31.14	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/		
<b>Mano de Obra</b>								
0101010003	OPERARIO	hh	0.2500	0.1333	15.41	2.05		
0101010005	PEON	hh	2.0000	1.0667	12.50	13.33		
							<b>15.38</b>	
<b>Materiales</b>								
0201040001	PETROLEO D-2	gal		0.4000	12.00	4.80		
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.1500	5.20	0.78		
02041200010007	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg		0.1000	5.20	0.52		
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		1.7780	5.00	8.89		
							<b>14.99</b>	
<b>Equipos</b>								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	15.38	0.77		
							<b>0.77</b>	

Parida	06.02		CONCRETO Fc=210 kg/cm2				
Rendimiento	m3/DIA	MO. 10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por : m3			364.08
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	OPERARIO	hh	0.5000	0.4000	15.41	6.16	
0101010004	OFICIAL	hh	0.5000	0.4000	13.33	5.33	
0101010005	PEON	hh	5.0000	4.0000	12.50	50.00	
<b>61.49</b>							
<b>Materiales</b>							
0201030001	GASOLINA	gal		0.0300	12.00	0.36	
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3		0.9000	60.00	54.00	
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.4000	45.00	18.00	
0207070002	AGUA	m3		0.1850	1.00	0.19	
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		8.0000	23.20	185.60	
0222150002	ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE	m3		0.0408	850.00	34.68	
0222150003	ADITIVO IMPERMEABILIZANTE DE AGUA	m3		0.0143	78.29	1.12	
<b>293.95</b>							
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	61.49	1.84	
03012900010004	VIBRADOR A GASOLINA	día	1.0000	0.1000	4.00	0.40	
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.8000	8.00	6.40	
<b>8.64</b>							

S10

Página : 6

### Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1301001 ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL CANAL JANCU EN SU ESTADO ACTUAL, DESDE LA PROGRESIVA 0+000  
 KM AL 5+140 KM, HUARAZ - 2023

Subpresupuesto 001 MEJORAMIENTO DEL CANAL JANCU Fecha presupuesto 30/09/2024

Parida	06.03		INSTALACIÓN COMPUERTA DE 0.30 X 0.60				
Rendimiento	und/DIA	MO. 8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : und			634.35
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	OPERARIO	hh	0.5000	0.5000	15.41	7.71	
0101010005	PEON	hh	2.0000	2.0000	12.50	25.00	
<b>32.71</b>							
<b>Materiales</b>							
0234060002	PLANCHA METALICA 1/8"	und		1.0000	600.00	600.00	
<b>600.00</b>							
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	32.71	1.64	
<b>1.64</b>							

Parida	06.04		INSTALACIÓN COMPUERTA DE 0.50 X 0.70				
Rendimiento	und/DIA	MO. 8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : und			634.35
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	OPERARIO	hh	0.5000	0.5000	15.41	7.71	
0101010005	PEON	hh	2.0000	2.0000	12.50	25.00	
<b>32.71</b>							
<b>Materiales</b>							
0234060002	PLANCHA METALICA 1/8"	und		1.0000	600.00	600.00	
<b>600.00</b>							
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	32.71	1.64	
<b>1.64</b>							

Parida	06.05		INSTALACIÓN DE COMPUERTA DE 1.20 X 0.80				
Rendimiento	und/DIA	MO. 8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : und			634.35
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	OPERARIO	hh	0.5000	0.5000	15.41	7.71	
0101010005	PEON	hh	2.0000	2.0000	12.50	25.00	
<b>32.71</b>							
<b>Materiales</b>							
0234060002	PLANCHA METALICA 1/8"	und		1.0000	600.00	600.00	
<b>600.00</b>							
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	32.71	1.64	
<b>1.64</b>							

Partida	06.06		INSTALACIÓN DE LIMNÍMETRO			
Rendimiento	und/DIA	MO. 10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por : und		306.60
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
<b>Mano de Obra</b>						
0101010004	OFICIAL	hh	0.5000	0.4000	13.33	5.33
0101010005	PEON	hh	2.0000	1.6000	12.50	20.00
<b>25.33</b>						
<b>Materiales</b>						
0292030002	LIMNÍMETRO	und		1.0000	280.00	280.00
<b>280.00</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	25.33	1.27
<b>1.27</b>						

S10

Página : 7

### Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1301001 ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL CANAL JANCU EN SU ESTADO ACTUAL, DESDE LA PROGRESIVA 0+000 KM AL 5+140 KM, HUARAZ - 2023

Subpresupuesto 001 MEJORAMIENTO DEL CANAL JANCU Fecha presupuesto 30/09/2024

Partida	06.07		CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR			
Rendimiento	m2/DIA	MO. 903.0000	EQ. 903.0000	Costo unitario directo por : m2		2.59
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
<b>Mano de Obra</b>						
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0089	12.50	0.11
<b>0.11</b>						
<b>Materiales</b>						
0207070002	AGUA	m3		0.1000	1.00	0.10
02221800010011	ADITIVO CURADOR UNKUREZ SEAL	gal		0.1000	22.00	2.20
<b>2.30</b>						
<b>Equipos</b>						
03013600010001	MOCHILA AGRICOLA	hm	3.9506	0.0350	5.00	0.18
<b>0.18</b>						

Partida	06.09		IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD DE SALUD Y PREVENCION EN OBRA			
Rendimiento	glb/DIA	MO.	EQ.	Costo unitario directo por : glb		6,592.50
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
<b>Materiales</b>						
02670100010006	CASCO PARA INGENIEROS Y TECNICOS	und		15.0000	40.00	600.00
0267010004	CASCO TIPO JOCKEY DIFERENTES COLORES	und		15.0000	8.50	127.50
0267020001	LENTES DE POLICARBONA LUNA CLARA	und		15.0000	7.90	118.50
0267020002	LENTES DE POLICARBONATO LUNA OSCURA	und		15.0000	7.90	118.50
0267030006	TAPONES DE SILICONA	und		15.0000	24.90	373.50
0267050001	GUANTES DE CUERO	par		15.0000	10.50	157.50
0267050006	GUANTES DE JEBE	par		15.0000	9.90	148.50
0267070007	BOTAS DE SEGURIDAD	und		15.0000	50.00	750.00
0267070008	BOTAS DE JEBE	und		15.0000	9.90	148.50
0267100004	CAMILLA RIGIDA DE MADERA	und		15.0000	230.00	3,450.00
0267100005	BOTIQUIN (equipado segun lista de materiales)	und		1.0000	228.00	228.00
0267100010	CAMILLA METALICA TIPO CANASTA DE RESCATE	und		2.0000	186.00	372.00
<b>6,592.50</b>						

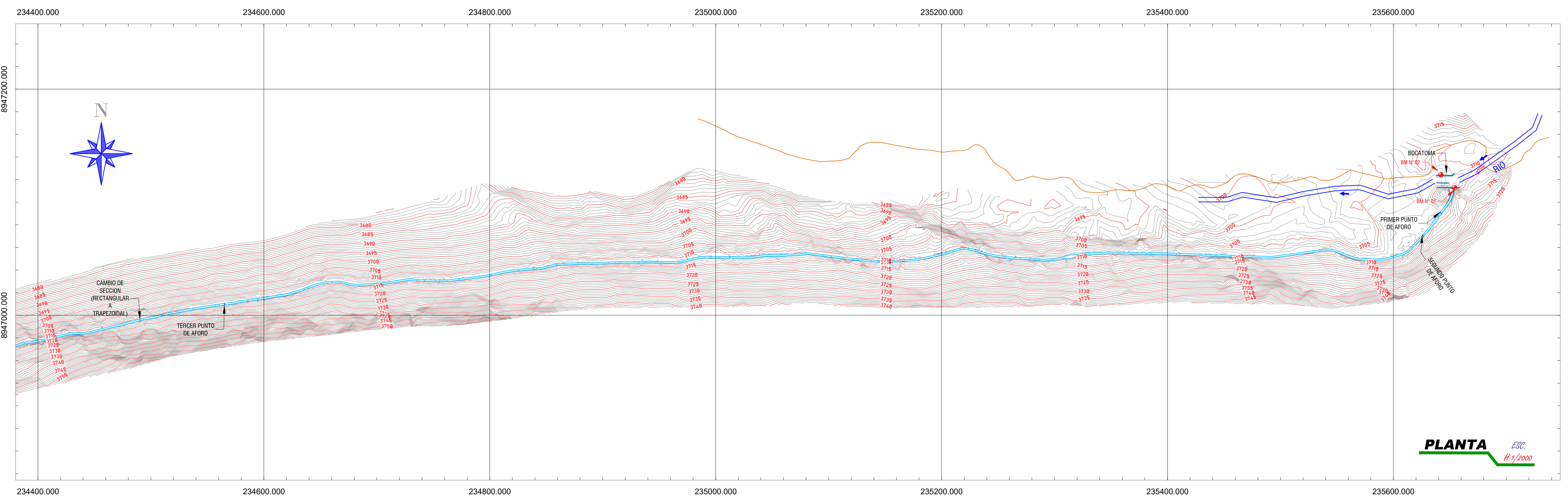
Partida	06.10		APLICACIÓN DEL PLAN DE MITIGACION AMBIENTAL EN OBRA			
Rendimiento	glb/DIA	MO.	EQ.	Costo unitario directo por : glb		6,000.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
<b>Mano de Obra</b>						
0103030017	MITIGACION DE IMPACTO AMBIENTAL	glb		1.0000	6,000.00	6,000.00
<b>6,000.00</b>						

Partida	06.12		LIMPIEZA DE OBRA			
Rendimiento	m2/DIA	MO. 35.0000	EQ. 35.0000	Costo unitario directo por : m2		36.37
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
<b>Mano de Obra</b>						
0101010003	OPERARIO	hh	0.1000	0.0229	15.41	0.35
0101010005	PEON	hh	12.0000	2.7429	12.50	34.29
<b>34.64</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	34.64	1.73
<b>1.73</b>						



## ANEXO F: Planos





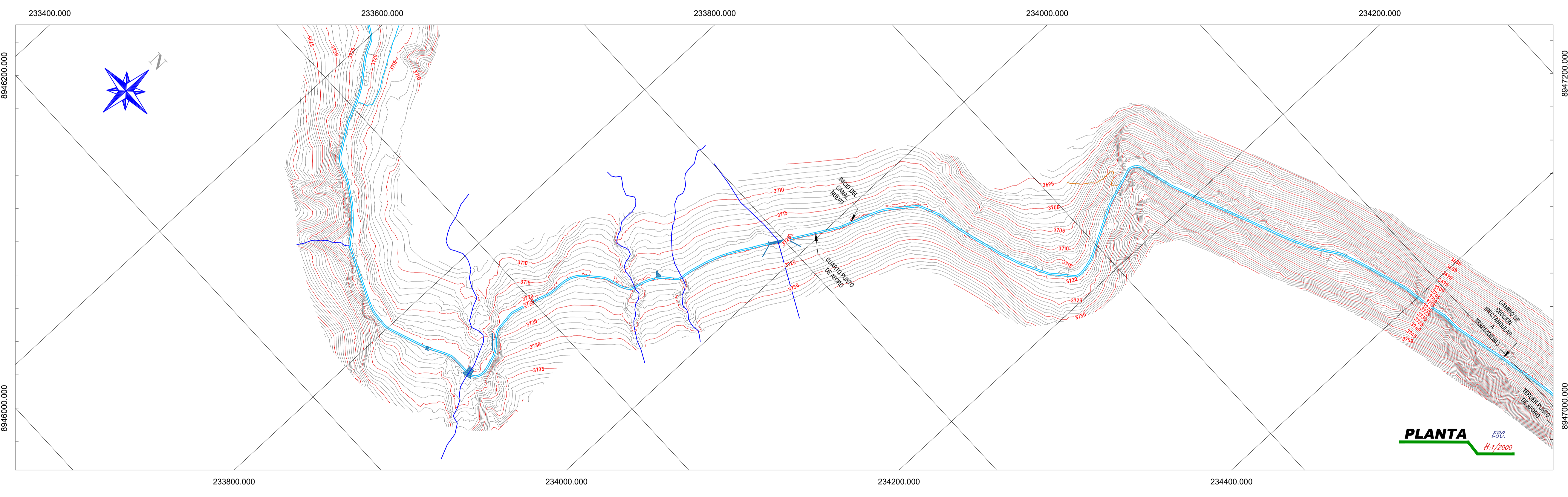
**LEYENDA**

- Carretera
- Canal de Concreto
- Canal de Tierra
- Camino
- Quebrada Pequeña
- Rio Grande
- ▨ Viviendas
- ▨ Estructura Existente
- ⊙ BM
- 3150' Curva de Nivel Mayor
- 3000' Curva de Nivel Menor

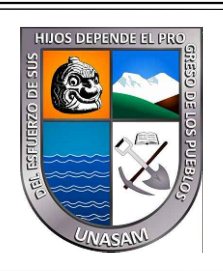
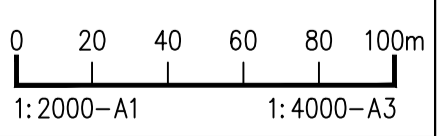
**COORDENADAS DE PUNTOS BM - PROYECCION UTM WGS 1984 ZONA 18 SUR L**

Nº	BM	ESTE (ML)	NORTE (ML)	COTA (M.S.N.M.)
1	BM N° 01	235654.1768	8947112.7304	3708.825
2	BM N° 02	235642.0463	8947124.2621	3708.288

**PLANTA** E.S.C.  
H. 1/2000



**PLANTA** E.S.C.  
H. 1/4000



**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”**

**PROYECTO DE TESIS:**  
ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL CANAL JANCU EN SU ESTADO ACTUAL, DESDE LA PROGRESIVA 0+000 KM AL 5 + 140 KM, HUARAZ - 2023.

**PROYECTISTA:** ROBERTH AUGUSTO OLIVEROS CHAVEZ

**DIBUJO Y DISEÑO:** ROBERTH AUGUSTO OLIVEROS CHAVEZ

**ASESOR:** DR. APARICIO ROQUE, FIDEL G.

**PLANO:** PLANTA LINEA DE CONDUCCION

**REGION:** ANCASH

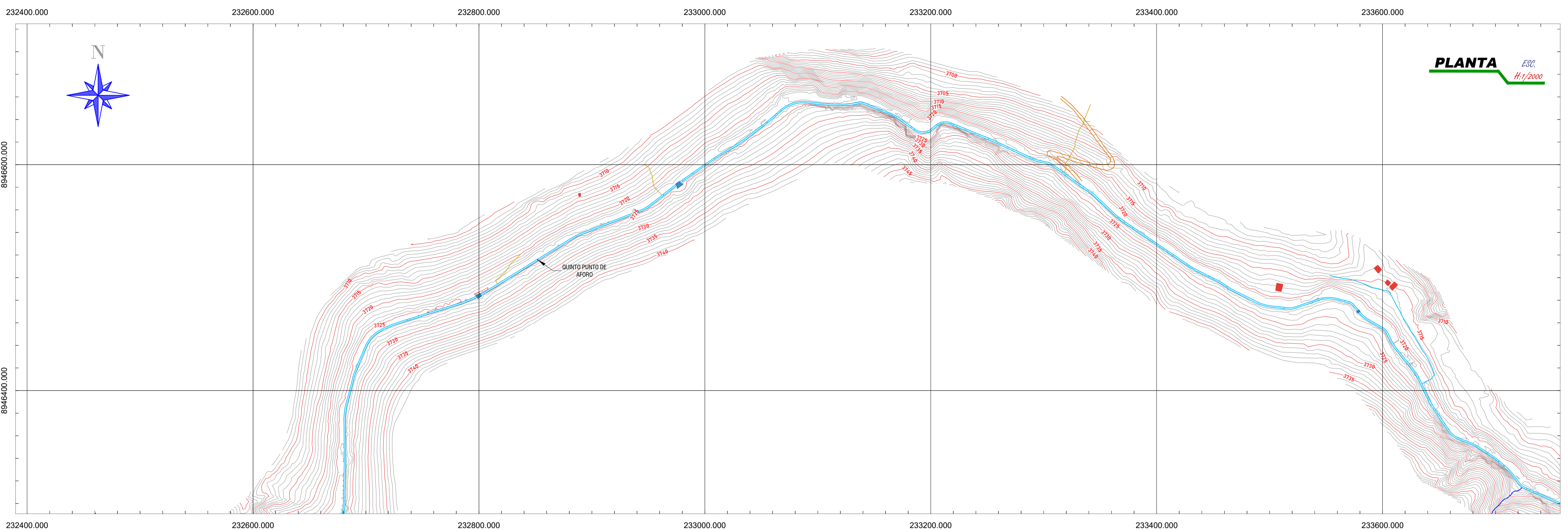
**PROVINCIA:** HUARAZ

**DISTRITO/COMUNIDAD:** HUARAZ/HUARAZ

**ESCALA:** 1/2000

**FECHA:** AGOSTO 2024

LAMINA N°: **PP-01**

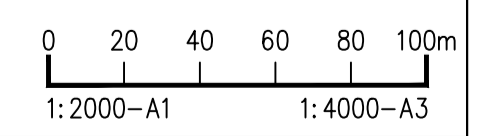
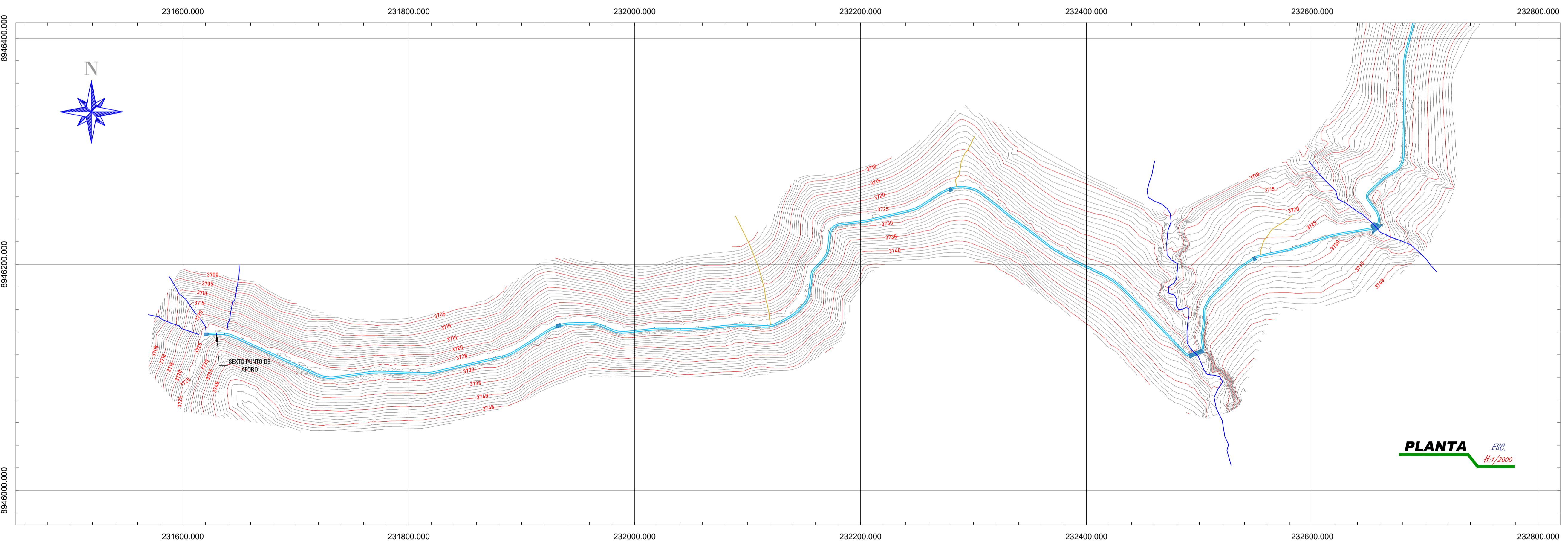


**LEYENDA**

- Carretera
- Canal de Concreto
- Canal de Tierra
- Camino
- Quebrada Pequeña
- Rio Grande
- Viviendas
- ▨ Estructura Existente
- ⊙ BM
- Curva de Nivel Mayor
- Curva de Nivel Menor

**COORDENADAS DE PUNTOS BM - PROYECCIÓN UTM WGS 1984 ZONA 18 SUR L**

Nº	BM	ESTE (ML.)	NORTE (ML.)	COTA (M.S.N.M.)
1	BM N° 01	235654.1768	8947112.7304	3708.825
2	BM N° 02	235642.0463	8947124.2621	3708.288



**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”**

**PROYECTO DE TESIS:**  
 ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL CANAL JANCU EN SU ESTADO ACTUAL, DESDE LA PROGRESIVA 0+000 KM AL 5 + 140 KM, HUARAZ - 2023.

**PROYECTISTA:** ROBERTH AUGUSTO OLIVEROS CHAVEZ  
**DIBUJO Y DISEÑO:** ROBERTH AUGUSTO OLIVEROS CHAVEZ  
**ASESOR:** DR. APARICIO ROQUE, FIDEL G.

**PLANO:** PLANTA LINEA DE CONDUCCION

**REGION:** ANCASH  
**PROVINCIA:** HUARAZ  
**DISTRITO/COMUNIDAD:** HUARAZ/JANCU

**ESCALA:** 1/2000  
**FECHA:** AGOSTO 2024

LAMINA N°: **PP-02**