UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis

Análisis de la eficiencia hidráulica en la estructura del canal de irrigación distrito de Toraya, provincia de Aymaraes, departamento Apurímac – 2022.

Asesor:

MSc. Maldonado Mendívil, Ángel

Autor:

Mimbert Velazque Huallpa

Para optar el Título Profesional:

Ingeniero Civil

Abancay - Apurímac – Perú

2024

Universidad Tecnológica de los Andes

Transformando vidas

ACTA DE EXAMEN DE TITULACIÓN N°027-2024-EPIC-FI- UTEA- SA

Reunidos el Jurado Evaluador constituido por los señores Docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de los Andes:

- **Mag. Marco Antonio GÁLVEZ QUINTANA** — *PRESIDENTE*
- ***Ing. Marco Antonio MORALES HOLGUIN*** — *DICTAMINANTE*
- **Ing. Rubén GAMARRA MOTA** — *REPLICANTE*

y el (la) postulante al **TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO (a) CIVIL,** Bachiller: **VELAZQUE HUALLPA, Mimbert** con **código de matrícula N°082219-B.**

Ha cumplido con las exigencias del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos de la Universidad Tecnológica de los Andes, aprobado mediante resolución del Vicerrectorado Académico N°002-2024-UTEA-VRAC, de fecha 23 de enero del año 2024, respecto a la sustentación de tesis, para optar al título profesional de Ingeniero Civil.

SUSTENTACIÓN DE TESIS titulado: **"Análisis de la eficiencia hidráulica en la estructura del canal de irrigación del Distrito de Toraya, Provincia de Aymaraes, Departamento de Apurímac 2022"**, habiendo aprobado con la nota de doce **(12).**

Se expide, la presente conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en los folios N° 284.

Abancay, 03 de octubre 2024.

Mag. Marco Antonio GÁLVEZ QUINTANA
PRESIDENTE

Ing. Marco Antonio MORALES HOLGUIN
DICTAMINANTE

Ing. Rubén GAMARRA MOTA
REPLICANTE

Análisis de la eficiencia hidráulica en la estructura del canal de irrigación del distrito de Toraya, Provincia de Aymaraes, Departamento de Apurímac 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%	18%	2%	4%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	8%
2	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes Trabajo del estudiante	1%
4	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	<1%
8	vsip.info Fuente de Internet	<1%

ANEXO Nº 07 METADATOS COMPLEMETARIOS		
Datos del Autor		
Apellidos y nombres	:	Mimbert Velazque Huallpa
Tipo de Documento de Identidad	:	DNI
Número de Documento de Identidad	:	43774958
URL ORCID	:	0009-0000-6775-5617
Datos del Asesor		
Apellidos y nombres	:	Maldonado Mendívil Ángel
Tipo de Documento de Identidad	:	DNI
Número de Documento de Identidad	:	06788424
URL ORCID	:	0000-0001-9002-1910
Datos de la investigación		
Facultad	:	Ingeniería
Escuela Profesional	:	Ingeniería Civil
Línea de Investigación	:	Gestión de la Infraestructura para el Desarrollo Sostenible
Rango de años en que se realizó la investigación	:	2023-2024
Fuente de financiamiento	:	Propia
Porcentaje de similitud	:	19%
URL de OCDE		https://purl.org/pe-repo/ocde/ford# 2.01.01

Dedicatoria

A Dios por brindarme la vida y la salud, también dedico este trabajo de investigación a mi hijo y mi esposa quien con su apoyo y cariño incondicional me hicieron alcanzar las metas trazadas también dedico esta tesis a mi padre y madre quienes con su cariño me impulsaron a lograr los objetivos

Agradecimientos

A mi casa de estudios la Universidad Tecnológica de los Andes, la universidad que con mucho esmero tiene la tarea de formar profesionales, contribuyendo con la sociedad y el país, contribuyendo a fomentar la investigación y también al desarrollo.

A los docentes de esta prestigiosa carrera de Ingeniería Civil, que con generosidad y dedicación invirtieron el tiempo, a partir de sus valioso conocimiento y experiencias ayudaron a la formación profesional. Su contribución fue imprescindible para lograr los objetivos.

A mi asesor de tesis MSc. Ángel Maldonado Mendívil, cuya orientación ha sido fundamental desde el comienzo de este trabajo de investigación.

Resumen

El canal de riego se encuentra ubicado en las localidades de Queuñapata y Ccocha Ccocha, que está ubicado en el distrito de Toraya que se encuentra en la provincia de Ayamaraes, de la Región Apurímac al lado Nor-Oriental de la capital de la región, su ámbito territorial está comprendida las altitudes que van desde los 3700 m.s.n.m.

El canal, se encuentra ubicado en las localidades de Queuñapata y Ccocha Ccocha, abarca una longitud de 3777.89 metros y se alimenta de tres quebradas principales a lo largo de su recorrido. En el kilómetro 00+000, se encuentra la quebrada Cancarhuaycco, seguida por la quebrada Huisachinca en el kilómetro 01+478, y finalmente, la quebrada Tojorhuani en el kilómetro 2+995. El canal es la principal infraestructura para el suministro hídrico destinado al riego de los cultivos en las localidades de Queuñapata y Ccocha Ccocha. Su función es esencial para garantizar un aprovisionamiento adecuado de agua, contribuyendo así al desarrollo agrícola sostenible en ambas localidades. El canal se encuentra revestido con concreto, y presenta varias secciones desde el kilómetro 0+000 hasta el kilómetro 02+995. A partir de este punto, mantiene una sección constante de 0.30 m de ancho por 0.25 m de alto. El canal culmina en el kilómetro 03+777.89, donde discurre sobre un reservorio con geomembrana de 500 m3, se utilizaron vertederos de figura rectangular, para poder calcular los caudales de entrada y salida tanto como para otros estudios, entre ellos también se calculo el caudal perdido, el resultado que se obtuvo para el Qe=31.39 lit/seg tambien podemos mencionar que la eficiencia de la conducción es de 88.25%, de lo cual se da a concoer que la eficiencia de caudal es baja que se encuentra por debajo del nivel recomendado

Palabras claves: Infiltración, Evaporación, Evaluación, Recubrimiento, Eficiencia, Conducción.

Abstract

El canal de riego se ubica en las localidades de Queuñapata y Ccocha Ccocha, que se encuentra en el distrito de Toraya, que se encuentra en la provincia de Ayamaraes, en la Región Apurímac, en el lado noreste de la capital de la región. Su ámbito territorial comprende altitudes que van desde los 3700 metros sobre el nivel del mar.

El canal se ubica en las localidades de Queuñapata y Ccocha Ccocha, tiene una longitud de 3777,89 metros y es alimentado por tres arroyos principales a lo largo de su recorrido. En el kilómetro 00+000, se encuentra la quebrada de Cancarhuaycco, seguida por la quebrada de Huisachinca en el kilómetro 01+478, y finalmente, la quebrada de Tojorhuani en el kilómetro 2+995. El canal es la principal infraestructura de abastecimiento de agua para el riego de cultivos en las localidades de Queuñapata y Ccocha Ccocha. Su función es fundamental para garantizar un suministro adecuado de agua, contribuyendo así al desarrollo agrícola sostenible en ambas localidades. El canal está revestido de hormigón, y tiene varios tramos desde el kilómetro 0+000 hasta el kilómetro 02+995. A partir de este punto, mantiene una sección constante de 0,30 m de ancho por 0,25 m de alto. El canal culmina en el kilómetro 03+777,89, donde discurre sobre un embalse con una geomembrana de 500 m3. Para el cálculo de los caudales de entrada y salida se utilizaron aliviaderos de sección rectangular, así como para otros estudios, entre ellos también se calculó el caudal perdido. , el resultado obtenido para Qe=31.39 lit/seg y la eficiencia de conducción es de 88.25%, de lo cual se concluye que la eficiencia de flujo es baja, que se encuentra por debajo del nivel recomendado.

Palabras clave: Infiltración, Evaporación, Evaluación, Recubrimiento, Eficiencia, Conducción.

Índice general

Portada……..i

Acta de sustentación.....ii

Reporte de similitud iii

Metadatos complementarios.....iv

Dedicatoria…… v

Agradecimientos…… vi

Resumen…….....vii

Abstract…….....viii

Índice general…….....ix

Índice de Tablas……..xiii

Índice de Figuras……. xv

I. Introducción…….. 16

II. Planteamiento del problema 17

2.1 Descripción y formulación del problema…… 17

2.1.1 Problema general……. 20

2.1.2 Problemas Específicos……..…20

2.2 Objetivos……..…20

2.2.1 Objetivo General……..20

2.2.2 Objetivos Específicos……..20

2.3 Justificación e importancia……....21

2.3.1 Justificación Practica 21
2.3.2 Justificación Social 21
2.3.3 Justificación Teórica 22
2.3.4 Justificación Metodológica 22
2.4 Hipótesis 23
2.4.1 Hipótesis General 23
2.4.2 Hipótesis Específicas 23
2.5 Variables 23
2.5.1 Variable Independiente 23
2.5.2 Variable Dependiente 23
2.5.3 Cuadro de Operación de variable 23
III. Marco Teórico 25
3.1 Antecedentes 25
3.1.1 A nivel internacional 25
3.1.2 A nivel nacional 26
3.1.3 A nivel regional y local 28
3.2 Bases teóricas 29
3.2.1 Canales 29
3.2.2 Tipos de revestimiento de canales 29
3.2.3 Elección del tipo de revestimiento y proceso constructivo 32
3.2.4 Canales de revestimiento de concreto simple 32
3.2.5 Ventajas Que Ofrece El Revestimiento De Canales 32

3.2.6 Condiciones Que Deben Cumplir Los Revestimientos De Canales.....35

IV. Metodología……..……..46

4.1 Tipo y nivel de investigación.....46

4.1.1 Tipo de investigación.....46

4.1.2 Nivel o alcance de investigación 46

4.1.3 Diseño de investigación.....46

4.2 Ámbito temporal y espacial.....47

4.2.1 Ámbito temporal.....47

4.2.2 Espacial.....47

4.3 Población y muestra 47

4.4 Instrumentos 48

4.5 Procedimientos 49

4.6 Análisis de datos.....50

4.7 Consideraciones éticas.....50

V. Resultados y discusión…….51

5.1 Descripción de la zona de estudio 51

5.1.1. Ubicación.....51

5.1.1.1. Características del objeto de estudio 51

5.2. Estudios previos.....52

5.2.1. Estudios de campo.....52

5.3. análisis de la información.....56

5.3.1. Cálculo de caudal por el método de corriente libre o flotadores.....56

5.3.2. Cálculo de Caudal por el Método del Vertedero.....61

5.3.3. Caudal de Evaporación (Q evp.) 68

5.3.4. Análisis de variación de caudales considerando la infiltración y evaporación 88

5.3.5. diagnóstico de la evaluación de las condiciones del canal 90

5.3.6. Nivel de eficiencia de conducción del canal 92

5.3.7. Cálculo del Presupuesto para el Mantenimiento y Reparación 93

5.4. Discusión 94

VI. Conclusiones 95

VII. Recomendaciones.....97

VIII. Referencias 98

IX. Anexos 101

Índice de Tablas

Tabla 1. Tabla de operacionalización de variables 24

Tabla 2. Coordenadas de los Puntos de Control 52

Tabla 3. Características de la estación meteorológica 54

Tabla 4. Cronograma de aforo de canal 55

Tabla 5. Registros del aforo día 21.08.2023 método flotador 57

Tabla 6. Registros del aforo día 22.08.2023 método flotador 57

Tabla 7. Registros del aforo día 23.08.2023 método flotador 58

Tabla 8. Registros del aforo día 24.08.2023 método flotador 58

Tabla 9. Registros del aforo día 25.08.2023 método flotador 59

Tabla 10. Resumen de aforo método flotador 60

Tabla 11. Registro del aforo día 21.08.2023 método vertedero 62

Tabla 12. Registro del aforo día 22.08.2023 método vertedero 63

Tabla 13. Registro del aforo día 23.08.2023 método vertedero 64

Tabla 14. Registro del aforo día 24.08.2023 método vertedero 64

Tabla 15. Registro del aforo día 25.08.2023 método vertedero 65

Tabla 16. Resumen de aforo método vertedero 66

Tabla 17. Cuadro comparativo del aforo entre del vertedero y flotador 67

Tabla 18. Resumen del caudal de entrada y salida 67

Tabla 19. Cálculo de la evaporación correspondiente al mes de enero del 2023 70

Tabla 20. Cálculo de la evaporación febrero del 2023 71

Tabla 21. Evaporación correspondiente al mes de marzo del 2023 72

Tabla 22. Calculo de la evaporación correspondiente al mes de abril del 74

Tabla 23. Cálculo de la evaporación correspondiente al mes de mayo del 2023 75

Tabla 24. Cálculo de la evaporación correspondiente al mes de junio del 2023 77

Tabla 25. Cálculo de la evaporación correspondiente al mes de julio del 2023 78

Tabla 26. Cálculo de la evaporación correspondiente al mes de agosto del 2023 80

Tabla 27. Cálculo de la evaporación correspondiente al mes de setiembre del 2023 .. 81

Tabla 28. Cálculo de la evaporación correspondiente al mes de octubre del 2023 83

Tabla 29. Cálculo de la evaporación correspondiente al mes de noviembre del 2023 .. 84

Tabla 30. Cálculo de la evaporación correspondiente al mes de diciembre del 2023 .. 86

Tabla 31. Resumen de las condiciones del canal 90

Tabla 32. Condición del revestimiento del canal 91

Tabla 33. Eficiencia de conducción del canal 93

Tabla 34. Presupuesto del mantenimiento del canal 93

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación del canal 52

Figura 2. Sección del canal tramo 03+000 a 03+780..... 56

Figura 3. Resumen de aforo método flotador 60

Figura 4. Sección del canal y sección del vertedero 61

Figura 5. Resumen de aforo método vertedero..... 66

Figura 6. Evaporación vs Temperatura 88

Figura 7. Perdida de caudales en canal con revestimiento en concreto 89

I. Introducción

Las sequias son efecto principalmente del cambio climático en todo el mundo, a la par se agrega el mal uso del agua en los riegos que es algo típico en los sistemas de conducción de canales, a lo largo del tiempo se vienen deteriorando las infraestructuras de los canales como el caso del canal con pérdidas de caudales a la salida, a esto se le suma el mal uso que tienen los pobladores de la zona.

Este problema genera bajas en la rentabilidad tanto en la competitividad en el sector agrario de la localidad Queuñapata y Ccocha Ccocha, en su mayor parte los canales de riego del país tuvieron excelente asesoría técnica para las etapas de desarrollo, diseño y ejecución que se completan en un plazo menor, de esta manera deteriorándose y teniendo como resultado la mala eficiencia hidráulica.

De esta manera se garantiza la eficiencia en los canales de riego, cabe mencionar que es importante determinar que es eficiente.

Se observó que en el canal de riego, no está ajeno a los problemas que se suscitan a lo largo del tiempo, Asimismo, se deben abordar los distintos problemas relacionados con la eficiencia en la conducción hidráulica. Con base en estos resultados, se pretende que los directivos sean quienes obtengan los mayores beneficios y los usuarios del canal, para que el uso del canal de riego sea de mejor manera y su infraestructura siga siendo utilizada.

De esta manera se podrá aportar al mejoramiento del canal, así mismo para que su aprovechamiento en el uso agrícola sea más eficiente.

II. Planteamiento del problema

2.1 Descripción y formulación del problema

En la mayoría de los sistemas de riego, el agua se pierde debido a problemas como infiltraciones, infraestructura hidráulica deteriorada y una operación y mantenimiento insuficientes. Como resultado, el canal de riego no cubre adecuadamente el área para la cual fue diseñado, lo que resalta la importancia de mantenerlo en condiciones óptimas para maximizar su uso. A lo largo de todo su recorrido, El canal debe cumplir con los parámetros y normas técnicas de calidad desde las bocatomas hasta las compuertas o puntos de entrega a los usuarios establecidos durante su diseño y construcción. Sin embargo, las lluvias intensas en las áreas montañosas aumentan la escorrentía superficial, lo que provoca la erosión y la infiltración de los taludes cercanos al canal de riego, causando derrumbes que bloquean el canal. Además, la falta de conocimiento lleva a algunos usuarios a desviar agua hacia sus parcelas, lo que provoca que el agua rebose a través de los muros del canal o a través de tomas de riego en lugares inadecuados, perjudicando a los usuarios finales y dificultando la llegada de agua a las parcelas más lejanas. Estas prácticas son comunes a lo largo del canal. Actualmente, la escasez de agua debido a diversos factores nos obliga a usarla de manera más eficiente y a mantener la infraestructura hidráulica en condiciones ideales para sistemas de riego por gravedad.

Se revisó el artículo de Duran (2017) titulado En España se publicó el artículo "Los canales de regadío, las pérdidas de agua y las soluciones para el futuro". En el sector agrícola, se han puesto en marcha numerosos proyectos y propuestas para la calidad de la prestación del riego entre 2000 y 2014, con una inversión total de 1.770 millones de euros. A pesar de estos esfuerzos, todavía se observan pérdidas de agua del 40% en las infraestructuras de riego debido al uso del método convencional de riego por gravedad.

"Un problema adicional es que muchos canales de riego han alcanzado el final de su vida útil, lo que requiere proyectos de mejora o rehabilitación (Duran, 2017).

En la investigación titulada 'Problemas operativos en la gestión de la infraestructura de riego', realizada por Mejía, Palacios y Exebio (2012), se observa que en varias regiones de México, la distribución de las estructuras hidráulicas es deficiente debido a una mala gestión del agua de riego. En áreas con abundante agua, las administraciones y organizaciones han descuidado la irrigación. El Gobierno de México está estableciendo entidades capaces de ayudar a las juntas de riego y administraciones a utilizar el sistema de manera más eficiente. Estas juntas son ahora las principales responsables del sistema, reemplazando a los usuarios que anteriormente gestionaban la irrigación. Debido a la falta de recursos para invertir en los sistemas de riego, los usuarios no pueden administrar adecuadamente el recurso hídrico. La captación y el transporte del agua son los principales problemas. El gobierno ha sugerido planes para mejorar y rehabilitar las estructuras hidráulicas que han superado su vida útil, lo que también generará empleos para los usuarios del sistema de riego por gravedad (Mejía, Palacios y Exebio, 2012).

En Ecuador, la investigación Metodología para medir la evapotranspiración integrada y la capacidad de los canales en una zona de riego, realizado por Ojeda, Iñiguez y Rojano (2018), revela que durante la temporada de lluvias, los ríos en diversas regiones experimentan un aumento en su caudal, lo que provoca que las bocatomas de los canales de riego absorban más agua de la que pueden manejar. Esto afecta las tomas laterales y las puertas de control, que no están diseñadas para manejar estos caudales adicionales. La escorrentía también contribuye al sobrepaso de caudal en los canales de conducción, resultando en inundaciones, huaicos, daños a cultivos, carreteras cortadas y viviendas cercanas al canal. Estos problemas surgen por la falta de planificación en la captación y en

la gestión del aumento del caudal en la infraestructura de riego por gravedad (Ojeda, Iñiguez y Rojano, 2018).

En México, García (2008) en su artículo 'Eficiencia de riego', presenta datos sobre la eficiencia de los canales de riego por gravedad, que debería estar entre el 56% y el 86%. La reducción en la eficiencia se debe principalmente a la textura del suelo y al diseño y funcionamiento de las acequias. Se sugiere cubrir los sistemas de riego con grava para mejorar el flujo de agua.

En su estudio sobre la infraestructura de riego en Perú, destaca que solo el 35% de las regiones del país tienen infraestructura de riego en buenas condiciones, mientras que el 65% está en mal estado. No obstante, estas infraestructuras están mejorando gradualmente. Un análisis del Plan Nacional muestra que el sistema de riego por gravedad utiliza canales revestidos de concreto para el 12% de los cultivos; sin embargo, se observa un alto desperdicio de agua en los canales de conducción y distribución, resultando en una baja eficiencia de aplicación. De los 55,237 kilómetros Solo el 15 % de los canales de riego registrados están revestidos, mientras que el 85 % aún no lo está. En colaboración con el Ministerio de Desarrollo Agrario y de Riego, se han establecido objetivos para mejorar los sistemas de riego por gravedad con el fin de garantizar una gestión eficiente y un mantenimiento adecuado. (Vinelli, 2021).

Finalmente, el estudio de Jauregui (2019) En el estudio realizado en Lima sobre el diseño de una bocatoma en el río Moyobamba para mejorar el sistema de irrigación Ccecca, Ishua y Huaycahuacho, se indica que la eficiencia de captación debe oscilar entre el 75% y el 100%. Este análisis se llevó a cabo mediante la evaluación de datos topográficos, geotécnicos e hidrológicos para mejorar la eficiencia de la captación."

2.1.1 Problema general

¿En qué medida el análisis de la eficiencia hidráulica influirá en las características del canal de conducción Colsiniyocc para la optimización hídrica de uso agrícola del Distrito de Toraya - 2022?

2.1.2 Problemas Específicos

- ¿Cuál es la descripción de las características del canal de conducción que influencia en la optimización hídrica del uso agrícola en el distrito de Toraya - 2022?
- ¿Cuál es el balance hídrico del canal que influencia en la optimización hídrica de uso agrícola distrito de Toraya-2022?
- ¿Cuál será el costo necesario para el mejoramiento del canal c para la optimización hídrica en el uso agrícola distrito de Toraya -2022?

2.2 Objetivos

2.2.1 Objetivo General

– Determinar de qué manera el análisis de la eficiencia hidráulica del canal de conducción influencia para la optimización hídrica de uso agrícola distrito de toraya-2022.

2.2.2 Objetivos Específicos

– Evaluar el estado situacional actual del canal de irrigación para la optimización hídrica de uso agrícola Distrito de Toraya – 2022.
– Evaluar el caudal de entrada y salida del canal de irrigación para la optimización hídrica de uso agrícola Distrito de Toraya – 2022.
– Calcular el costo necesario para el mejoramiento del canal para la optimización hídrica de uso agrícola Distrito de Toraya – 2022.

2.3 Justificación e importancia

2.3.1 Justificación Practica

La justificación de la presente investigación radica en la necesidad de encontrar elementos que influyen directamente en las bajas eficiencias de conducción del canal.

A la hora de administrar de manera efectiva la distribución del agua, es un elemento crucial a considerar.

El presente estudio tiene como objetivo proponer recomendaciones para mejorar la eficiencia de conducción del agua en el canal de riego Toraya en la provincia de Aymaraes, Departamento de Apurímac. Esto se debe a que el uso del agua no se ha optimizado debido a la falta de estudios sobre la eficiencia de los canales de riego en nuestro medio.

La investigación será útil para la toma de decisiones de los líderes y funcionarios del canal de Riego Toraya, Provincia de Aymaraes, Departamento de Apurímac, y, por último, podrá servir como modelo para investigaciones futuras sobre otros proyectos.

2.3.2 Justificación Social

La investigación acerca de la eficacia hidráulica en el sistema de transporte del canal tiene una relevancia social importante, dado que la correcta administración y disponibilidad del agua son esenciales para los agricultores de la región de Toraya. Mejorar la eficiencia en el aprovechamiento del agua no solo favorece a los cultivadores en cuanto a rendimiento, sino que también promueve la seguridad alimentaria a nivel local al garantizar un abastecimiento estable y adecuado de alimentos agrícolas. Al potenciar la efectividad del riego, se fomenta una distribución más justa del agua, disminuyendo las fricciones y potenciales disputas por su utilización, ya que es un recurso compartido en la zona.

Este empleo también contribuye a los intentos de elevar el bienestar en las áreas campestres, donde el agua es un bien precioso y limitado. Al asegurar que los agricultores

puedan obtener agua de forma más efectiva, se promueve el crecimiento sostenible y la capacidad de adaptación de la comunidad frente a variaciones climáticas y épocas de escasez de lluvias. En su totalidad, los efectos positivos en la calidad de vida y el bienestar de los habitantes de Toraya serán notables gracias a los beneficios sociales generados por este estudio.

2.3.3 Justificación Teórica

Desde un enfoque teórico, la investigación aportará al saber ya establecido sobre la hidráulica de canales de riego y a la mejora del uso del agua en sistemas de transporte. Desde el punto de vista académico, este estudio se ubica en los campos de la ingeniería civil y la ingeniería agrícola, ofreciendo información detallada acerca del rendimiento hidráulico en la zona específica. Asimismo, los hallazgos podrán servir de guía para investigaciones venideras que pretendan incorporar métodos y avances tecnológicos parecidos en distintos sistemas de riego con atributos semejantes.

2.3.4 Justificación Metodológica

En términos de metodología, este estudio empleará técnicas especializadas que abarcan desde la utilización de modelos hidráulicos hasta simulaciones computarizadas y mediciones en terreno con el fin de analizar detalladamente el desempeño del canal. Esta estrategia posibilitará la obtención de resultados confiables que puedan ser reproducidos en diferentes entornos, fortaleciendo así la credibilidad científica del estudio. Al seleccionar los procedimientos utilizados, se podrá analizar las distintas áreas del canal para detectar los lugares clave donde se producen pérdidas y proponer soluciones personalizadas según las particularidades del sistema.

2.4 Hipótesis

2.4.1 Hipótesis General

- El nivel del análisis de la eficiencia Hidráulica en el sistema de conducción del canal para la optimización hídrica de uso agrícola Distrito de Toraya – 2022.

2.4.2 Hipótesis Específicas

- El estado del sistema de conducción es eficiente en el canal de para la optimización hídrica de uso agrícola Distrito de Toraya – 2022.
- La medición de caudal de entrada y salida del canal de irrigación para la optimización hídrica de uso agrícola Distrito de Toraya – 2022.
- El costo del mejoramiento del canal será el cosco necesario, optimizando el uso agrícola en el Distrito de Toraya - 2022

2.5 Variables

2.5.1 Variable Independiente

Sistema de conducción del canal

2.5.2 Variable Dependiente

Eficiencia Hidráulica

2.5.3 Cuadro de Operación de variable

Tabla 1.

Tabla de operacionalización de variables

Variables de operacionalizaciòn de la Tesis "Análisis de la eficiencia Hidráulica en el sistema de conducción del canal Colisniyoc para la optimización hídrica de uso agrícola Distrito de Toraya – 2022"					
Variable	**Definición conceptual**	**Definición operacional**	**Dimensiones**	**Indicadores**	**Escala de medición**
Variable independiente: Sistema de conducción del canal	Según Ven te Chow (2004):los canales son conductos en los que el agua circula debido a la acción de gravedad y sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera	La variable se operacionaliza con sus siguientes dimensiones: Canal de derivación, Canal de conducción y Canal de distribución y cada uno se subdivide en tres dimensiones.	–Canal de irrigación –Recubrimiento del canal –Estado de canal	Velocidades admisibles Área hidráulica. Estado de juntas F'c = de concreto Juntas de dilatación Irregularidades en el canal Comportamiento de laterales Estado de piso de canal	m/s m^2 m^2 $\frac{Kg}{cm^2}$ L L L L
Variable dependiente: análisis de la Eficiencia Hidráulica	La eficiencia de un sistema de riego es la relación entre la cantidad de agua utilizada por las plantas y la cantidad de agua suministrada desde la bocatoma, la cantidad de agua que es captada de alguna fuente natural de un sistema de riego está conducida a través de un canal principal y luego derivada el agua por un canal de distribución y finalmente se deriva el agua a nivel parcela para algún cultivo del productor agrario	La variable se operacionalización con sus siguientes dimensiones: caudales, tirantes, y velocidades y cada una de ellas se subdivide en tres indicadores.	– Caudales – Tirantes – velocidades	Caudal de entrada Caudal de salida Método de vertedero Pendiente Agrietamientos de concreto Sedimentos Velocidad del despredimiento	m^3 m^3 m^3 % m. m^3 m/s

Nota. Elaboración Propia

III. Marco Teórico

3.1 Antecedentes

3.1.1 A nivel internacional

Espinoza, F. (2016) Con base en una obra de ingeniería, Espinoza fundamentó su tesis en el diseño de un canal rectangular para maximizar la eficiencia. Para lograr este objetivo, Espinoza afirmó que se requerían una variedad consideraciones y especificaciones técnicas necesarias para garantizar que una obra cumpla con los estándares de construcción requeridos en el ámbito hidráulico. Antes de comenzar la construcción de una obra hidráulica, varios autores, incluidos Chezy, Pavlovski y Manning.

Dávalos y Yépez (2017), La comunidad Guachala, parroquia Cangahua, ha realizado, lo que incluye: Durante las visitas e inspecciones realizadas durante el proyecto, se encontró que hay Problemas técnicos con la infraestructura del canal que deterioran el flujo de líquidos esenciales. Como resultado, se desarrollaron muchas formas técnicas para asegurar algunas de las condiciones de funcionamiento de la conducción del canal. Para lograr esto, crearon opciones de diseños en las que ayudaron a garantizar que el canal operara correctamente.

Según Baltodano y Diseño y análisis de un canal hidráulico de 1 km en Ciudad Sandino: resultados del levantamiento y su impacto en la zona 2, 5, 6 y 11. Según emplearon el levantamiento indican que las secciones naturales presentan irregularidades extremas en el ancho y la profundidad, ya que hay una diferencia de 13.77m en el ancho hasta 30.95m y una diferencia de 5.13m en la profundidad. Debido a estas características, se puede concluir que el.

Chan (2017) La siguiente es una evaluación de las capacidades hidráulicas y la eficacia del canal de riego utilizando representación matemática: La información registrada sobre el terreno y las conclusiones del modelo demuestran la necesidad de llevar a realizar una revisión y reparación completa la infraestructura existente del

Canal Principal Humaya (CPHPosteriormente, se llevarán a cabo acciones de sobreelevación. En general, esta obra presenta daños relevantes. El CPH no está en las mejores condiciones físicas. Si no se toman medidas a tiempo y forma para el mantenimiento, conservación y modernización de dicho canal, existe un gran riesgo de que se produzcan fallas más graves.

Dormuz y Ubeda (Obras Marítimas, 2018) concluyenLa simulación del cauce revestido del programa de Hec-Ras encontró que en toda la extensión 8 del cauce, hay un punto crucial que causa problemas para la población cercana porque cuando las lluvias reducen La capacidad del cauce y su desbordamiento en la estación 0+520 implicaciones y soluciones.

Las inundaciones pueden afectar a las casas más vulnerables, las cuales debido a su situación financiera no tienen una estructura construida que les permita enfrentar la situación. Debido a que existen construcciones habitacionales existentes que no se pueden desalojar, se creó un canal con una sección rectangular. En consecuencia, se produce un tirante de 0,4228 para una altura total de 1m, incluido el borde libre, un talud de 0, un espejo de agua de 2,5m y un caudal de 4,62 m3/s que es Análisis del caudal de diseño modelado en el software: implicaciones y aplicaciones Hcanales.

3.1.2 A nivel nacional

Torres, J. (2017). Según su investigación, el software HEC-RAS utiliza múltiples La importancia de las hipótesis y simplificaciones en la investigación científica, por lo que es necesario utilizarlo con cuidado. Debido a que la mayoría de los diseños se realizan mediante métodos empíricos, Torres señala que en los últimos años se ha desarrollado software computacional La importancia de la modelización hidráulica en la comprensión del comportamiento del flujo en sistemas y visualizar gráficamente los resultados.

Aredo et (2016) Análisis del mejoramiento y rehabilitación del canal de regadío Carabamba en el contexto del desarrollo sostenible en la Provincia de Julcán.

El objetivo de la presente investigación fue restaurar el canal con el objetivo de mejorar la eficiencia de la distribución de caudal fuente de agua en el distrito de Carabamba. Sin embargo, la creación de un canal permitirá desviar el agua del río Carabamba hacia las áreas de cultivo que necesitan el agua, lo que mejorará el riego y aumentará el límite agrícola, prácticamente en toda el área.

Costa (2018), Análisis de la infraestructura del canal de riego Pampas de Jahuey: estado actual y desafíos en el caserío Pampas de Jahuey, distrito de Acope, provincia Ascope, departamento La Libertad, 2018 está cubierto y experimenta bajas en el caudal, lo que resulta en un bajo caudal y la incapacidad de brindar servicio a los pobladores, lo que resulta en pérdidas de cosechas o la imposibilidad de sembrar gran parte de las hectáreas. Para satisfacer las necesidades de la población, se buscó establecer las especificaciones técnicas del canal Pampas

Rojas (2021) Análisis del diseño del canal de riego L-02 en el Pueblo Carpintero II Etapa: Implicaciones para el distrito de Pueblo Nuevo, Lambayeque, 2021. En el área de la ciudad, perteneciente al departamento de Lambayeque, se llevó a cabo este proyecto de investigación. Debido a que Ferreñafe depende principalmente Problemas y soluciones en el suministro de agua para la agricultura en la provincia, cumple con la cantidad necesaria para el cultivo. Este problema limita a los agricultores de esta región en su capacidad para producir alimentos de manera sostenible y los obliga a usar sus terrenos solo para un tipo de siembra por año. Análisis de las implicaciones del proyecto de 286.0 ha y su impacto en los 204 propietarios de parcelas obtener beneficios y solucionar sus problemas económicos, con un promedio de 4 miembros por hogar. Se espera que el canal tenga Una longitud de 6.00

km y su impacto en la provisión de recursos a los agricultores en la región analizada y mejora.

Dávila (2020), Diseño hidráulico del canal L-02 Chaname y L-03 Chaname Derecho, Análisis del diagnóstico del proyecto sobre la operación de los canales Chaname en el distrito Pueblo Nuevo, provincia Ferreñafe, Lambayeque y Chaname Right no es adecuado debido a Análisis de las condiciones actuales de las estructuras hidráulicas y la importancia del revestimiento en su mantenimiento y que impide aprovechar al máximo el recurso hídrico asignado. Las filtraciones reducen el uso del agua de riego. sea extremadamente baja, lo que refleja una baja producción de los cultivos. Es crucial desarrollar el proyecto, revestir y construir las obras de arte requeridas para mejorar la operación y aplicación.

3.1.3 A nivel regional y local

Gonzalo P. R. (2018) en su trabajo denominado: "El análisis hidráulico de un canal trapezoidal altamente eficiente y su enlace a un sifón invertido para el riego en la localidad de Cconchayoc-Apurimac" se enfoca en el cálculo hidráulico de un canal trapezoidal altamente eficiente y su conexión a un sifón invertido que se empleará para el riego de un área de cultivo de maíz en la Comunidad de Cconchayoc, situada en el departamento de Apurímac. Para determinar la cantidad de agua necesaria para el riego, emplearemos la velocidad del viento y la humedad relativa del entorno para calcular la cantidad de agua requerida en las zonas de cultivo. Una vez que hayamos determinado el flujo de agua, procederemos a diseñar el canal trapezoidal que garantice la máxima eficacia hidráulica. Posteriormente, nos encargaremos de calcular la estructura de transición y el tamaño óptimo del sifón para minimizar las pérdidas de presión. El sifón necesita operar mediante una variación de presión, la cual compensará todas las pérdidas de presión que genere.

Monzon Castro (2022) en su tesis: "Planificación hidráulica del canal Cceñuaran, empleando la metodología del programa Hec-Ras para el riego de zonas de cultivo en

Occollo, Soccospata, Andahuaylas - Apurímac 2022." El meta principal consiste en analizar el impacto que el software HEC-RAS ha tenido en la planificación hidráulica del canal Cceñuaran. En primer lugar, se llevó a cabo un análisis del flujo mediante el cálculo del módulo de riego a lo largo de toda la extensión del canal.Con el fin de alcanzar la meta, se realizó un estudio aplicado que se enfocó en datos cuantitativos y descriptivos. En primer lugar, se llevó a cabo un examen del movimiento del agua mediante el cálculo de la cantidad de agua utilizada en todo el recorrido del canal. Después, se dibujaron en cada sección la curva de energía, los tirantes normales, los tirantes críticos, el resalto hidráulico y las curvas de remanso, y se identificó el posible diseño de perfil presente en cada caso.

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Canales

Los canales son conductos que pueden estar abiertos o cerrados, por donde el agua se desplaza gracias a la fuerza de la gravedad, sin necesidad de presión, ya que el líquido se encuentra en contacto con el aire a través de su superficie libre. De este modo, el agua se desplaza gracias a la fuerza de la presión atmosférica y su propia masa. (Villón, B. 2008).

3.2.2 Tipos de revestimiento de canales

El enlucido de hormigón o la albañilería de piedra pueden satisfacer la mayoría de los propósitos, mientras que el revestimiento de rocas o piedras puede cumplir de manera bastante efectiva con el propósito de prevenir la erosión. Únicamente se emplea madera o láminas de hierro (con cilindros) en la construcción de puentes, canales o secciones temporales de canales. Los materiales más complejos empleados para cubrir superficies son los tramos de canales obstruidos o cubiertos también emplean tubos cilíndricos. (García, E. 2008).

Según García, E. 2008 en (2002), se tiene los siguientes tipos de revestimiento:

a) Concreto vaciado insitu

Se emplea en situaciones donde los taludes (H/V) tienen una inclinación de 1:1 o mayor. En estas situaciones, se vierte inicialmente sobre la superficie plana y luego sobre los bordes inclinados, para después frotar y nivelar. Este tipo de recubrimiento elaborado con una proporción de 1 parte de cemento, 2 partes de arena y 4 partes de grava es adecuado para grosores que oscilan entre 7 y 12 cm, dependiendo del tamaño del canal. La virtud de este método radica en que no es necesario utilizar encofrado, aunque es fundamental que la sección del canal o caja de canal haya sido meticulosamente preparada o moldeada para garantizar la homogeneidad en el grosor del concreto vertido. Se requiere la instalación de juntas de expansión cada 3 a 6 metros, las cuales deben ser rellenadas con material asfáltico.

b) Canal con lozas prefabricadas

Con el fin de alcanzar los mismos propósitos que en la situación previa, se emplean bloques prefabricados de 5 centímetros de grosor para los bordes o pendientes del canal, mientras que el lecho o fondo del canal se completa con concreto vertido en el lugar de 10 centímetros . de espesor. Para fortalecer los cimientos, se instalan láminas de concreto de 20 centímetros de ancho y 10 centímetros de grosor. Los vaciados y los locetones se construyen con una mezcla de concreto en proporción 1:2:4, utilizando alrededor de 7.2 bolsas de cemento por metro cúbico. Por lo general, los adoquines se fabrican fuera del lugar de trabajo y posteriormente se trasladan a la obra en camiones de carga. Se sugiere que las medidas no exceden los 0,6 metros de ancho por 0,8 metros de largo, y que el peso no supera los 60 kilogramos para que dos hombres puedan transportarlo. Se puede emplear esta junta de expansión tanto en posición vertical como en posición inclinada, dependiendo de las dimensiones del

conducto. Igual que antes, se emplean juntas de expansión cada 3 a 6 metros para las juntas de dilatación.

c) Canal con mampostería de piedra

Este procedimiento se emplea en situaciones donde abundan las rocas en el área y no se requiere una estructura de canal muy elaborada. Se emplean piedras limpias y libres de materia orgánica que se unen con una mezcla de cemento y arena en proporción 1:4. Se recomienda que el grosor no sea inferior a 0,2 metros. Una opción diferente a esta técnica consiste en emplear gemas en grandes bloques que se disponen como elementos decorativos. Se considera adecuado un grosor de piedra que oscila entre 5 y 10 cm para el revestimiento. La pendiente mínima aconsejada es de 1 parte en 4.No es necesario usar moldes y se aprovecha el 70% de las piedras en la construcción de muros, con una proporción de 2.75 bolsas por metro cúbico, siempre y cuando las piedras se compacten adecuadamente.

d) Concreto ciclópeo con 30 a 60% de piedras

Este método requiere que el encofrado vacíe primero el piso y luego los lados del canal. En canales rectangulares, ambas caras del muro del canal se encofran. En algunos casos, el lado exterior del muro puede ser eliminado directamente sobre la caja del canal. Se recomienda para canales trapezoidales y rectangulares. De acuerdo con la cantidad de piedras que se logra introducir, se utiliza una mezcla de concreto de 1:2:4 y se utilizan 3 a 5 bolsas/m3. El espesor recomendado para este tipo de trabajo es de 0.15 metros. El espesor de un canal rectangular depende de la estabilidad del muro, la capacidad del canal para soportar la presión del agua dentro y el empuje lateral, asumiendo que el canal no tiene agua.

3.2.3 Elección del tipo de revestimiento y proceso constructivo

En lugares donde hay una gran cantidad de piedras, es posible considerar la construcción de mampostería en lugar de concreto. El vaciado in situ son las mejores opciones para los taludes inclinados. Concreto ciclópeo con encofrado se utilizará en canales rectangulares. En cuanto a la fuerza laboral, los agricultores están más familiarizados con la construcción de estructuras de mampostería. (García, E. 2008).

3.2.4 Canales de revestimiento de concreto simple

Se requiere aplicar una capa de concreto de resistencia 175 kg/cm2 en el suelo y los costados del conducto, creando un grosor homogéneo y dando un acabado pulido. Adapte el revestimiento a la anchura de la viga. La pendiente habitual en canales de concreto es de 1 parte horizontal por 5 partes verticales por 1 parte horizontal. No obstante, en canales que pueden transportar hasta 2m3/s, es común emplear un talud de uno a uno, debido a que se necesitan más medidas pequeñas y el revestimiento tiene que aguantar la presión lateral del terreno. El talud final solo se logra a través de las características mecánicas del material. (Segura, J. 1993).

3.2.5 Ventajas Que Ofrece El Revestimiento De Canales

Como se ha demostrado ampliamente por la experiencia, el revestimiento de canales reduce o elimina las pérdidas por infiltración (dependiendo de la materialidad del canal), además de proporcionar otras importantes ventajas.

3.2.5.1 Prevención de la erosión

La presencia de materiales ajenos depositados y los anchos en las escaleras son consecuencia de los cambios en las velocidades en cauces sin protección. En zonas donde el suelo es granular y se desintegra con facilidad debido a su baja cohesión, se destacan especialmente estos fenómenos, los cuales provocan cambios en la forma del canal tanto en su anchura como en su longitud. El recubrimiento de los canales posibilita que el agua fluya

a mayor velocidad y que se puedan realizar curvas horizontales más cerradas que en los canales sin revestimiento. Como consecuencia, se obtienen longitudes y secciones más reducidas, así como taludes más inclinados en comparación con los canales que no cuentan con revestimiento. (FACM, 2009)

3.2.5.2 Imposibilidad de roturas

En los canales sin protección, es posible que se produzcan rupturas a causa de la erosión, la interferencia provocada por la vegetación, la acumulación de sedimentos arrastrados, la actividad de animales excavadores u otros factores. Estos daños pueden resultar desastrosos tanto en términos de finanzas como en la protección de la vida de las personas que viven en zonas más bajas. De hecho, un silencio inesperado de una tubería podría provocar la pérdida de una cosecha mientras se realiza la reparación, ya que los cultivos sufrirían por la escasez de agua. De esta manera, existe la posibilidad de que se generen grandes avalanchas que arrasen con cosechas, vías de comunicación e incluso localidades, amenazando la seguridad de quienes viven allí.En contraste, cuando se forma una brecha en la pendiente del canal, la misma cantidad de agua puede ampliar la apertura. Al cubrir el canal con un revestimiento, resulta altamente improbable que se formen grietas. Y si llegaran a aparecer, la resistencia a la erosión del revestimiento impide que se agrande, disminuyendo así el riesgo de posibles daños significativos. Estos acontecimientos también pueden ser susceptibles de ser solucionados. (FACM, 2009).

3.2.5.3 Eliminación de vegetación

La vegetación suele adornar tanto las laderas como el lecho de los canales sin revestimiento, con predominio de pastos y hierbas, y ocasionalmente arbustos e incluso árboles en los bordes. La flora en el canal tiene un doble impacto: disminuye la cantidad de agua que las plantas necesitan para crecer y ayuda a disminuir la velocidad del agua, lo que resulta en una reducción del flujo y favorece la acumulación de sedimentos, lo que tiende a

disminuir. el tamaño efectivo del canal. El revestimiento resuelve los problemas mencionados y evita que la vegetación se desarrolle. (FACM, 2009).

3.2.5.4 Aumento de la capacidad del canal

La Evitar la erosión facilita el aumento de la velocidad del flujo de agua en los conductos revestidos en comparación con los conductos de tierra, lo que conlleva a un mayor volumen de agua por la misma superficie. Las velocidades máximas en los canales de tierra varían entre 0,50 y 1 m/s, según la profundidad del agua y la composición del suelo. Es aceptable que se alcancen velocidades muy altas en canales revestidos. (FACM, 2009).

3.2.5.5 Disminución de los costos de mantenimiento

Para conservar los canales de riego sin revestimiento, es esencial llevar a cabo tareas como retirar la vegetación, tapar las grietas, dar forma nuevamente a su estructura, bloquear las cuevas y deshacerse de los animales que excavan en ellas. Las responsabilidades mencionadas son constantes y dejarlas de lado, aunque sea por poco tiempo, puede ocasionar complicaciones importantes. En los canales revestidos, estos componentes prácticamente se esfuman.

Para contrastar los gastos de canales con y sin revestimiento, se requiere considerar los gastos de mantenimiento vinculados a los costos iniciales de cada uno. Es fundamental tener en cuenta que en determinadas circunstancias y en ciertas zonas, el gasto anual para mantener algo en buen estado puede ser similar al costo inicial de aplicar una capa de concreto. (FACM, 2009).

3.2.5.6 Reducción de los costos de riego

La automatización en la distribución de agua mediante canales revestidos disminuye de manera considerable la necesidad de trabajadores. Esta disminución puede llegar hasta el 75% en contraste con los canales que no tienen recubrimiento. Además, la simplificación

permite ahorrar tiempo, lo cual resulta fundamental al momento de suministrar el agua a los cultivos en el momento preciso. (FACM, 2009).

3.2.5.7 Protección de la salud pública

Al disminuir la filtración y la acumulación de charcos, se impide que las malas hierbas crezcan, lo que hace que los canales revestidos no sean un entorno propicio para que los mosquitos se reproduzcan. (FACM, 2009).

3.2.5.8 Acortamiento del trazado por las mayores pendientes admisibles

El hormigón tiene una alta resistencia al desgaste, lo que permite que los canales revestidos tengan velocidades de flujo de agua significativamente más altas que los canales sin revestir. Por esta razón, es posible reducir la longitud de los canales en áreas con topografía accidentada, lo que aumenta la pendiente longitudinal del trazado y reduce los radios de las curvas horizontales. (FACM, 2009).

3.2.6 Condiciones Que Deben Cumplir Los Revestimientos De Canales

Para disfrutar de los beneficios que ofrece el recubrimiento de los canales de riego, es necesario cumplir ciertas condiciones. Entre las características fundamentales se encuentran la capacidad de repeler el agua, la solidez estructural y la resistencia al desgaste, la longevidad, el óptimo rendimiento hidráulico, la capacidad de resistir daños causados por agentes externos al canal y el precio accesible. (FACM, 2009).

3.2.6.1 Velocidad Mínima

Con el fin de impedir la acumulación de partículas en el agua, es aconsejable planificar un conducto revestido que mantenga una velocidad adecuada de entre 0,4 y 1,0 m/s (Valverde, J. 2007).

3.2.6.2 Velocidad Máxima

Cuando se diseña un canal rectangular con la sección óptima o de área mínima, se puede obtener la velocidad máxima porque si el gasto Q es constante y el área mínima = Amin, entonces: Q/Amin = Vmax.

Las velocidades recomendadas en tramos rectos son de 1,5 a 3 m/s en canales revestidos. Sin embargo, la velocidad recomendada en tramos curvos, áreas con compuertas, partidores, etc. es 1m/s (Valverde, J. 2007).

3.2.6.3 Velocidad Superficial

La rapidez de la corriente en la superficie, Vs, es idéntica a la velocidad del objeto flotante y se puede determinar mediante la compresión entre la distancia recorrida L y el tiempo de desplazamiento. La velocidad promedio es igual a la distancia recorrida dividida por el tiempo empleado. (Valverde, J. 2007).

3.2.6.4 Velocidad Media

Se estima que la velocidad promedio de la corriente, Vm, varía entre el 75% y el 90% de la velocidad máxima, siendo mayor en corrientes de agua más veloces y profundas. Para calcular la velocidad promedio de la corriente, por lo general se emplea la siguiente fórmula: Vm=0.85Vs. Al descomponer el espacio de la sección transversal del flujo en Múltiples áreas A y al registrar las velocidades superficiales Vs y las velocidades medias Vm, es factible determinar el caudal total al sumar los caudales parciales Q de diversas formas: Q=Vm1*A1+Vm2*A2+…..+Vmn*An (Valverde, J. 2007).

3.2.6.5 Taludes

Hace alusión a la pendiente de los muros laterales del conducto y se representa en forma de ratio. La figura trapezoidal, con inclinaciones que se ajustan al terreno en el que se realiza la excavación, es la estructura de canal más frecuente. (Villón, B. 2008).

3.2.6.6 Borde libre

Hace la franja libre es la extensión vertical adicional que se añade para contrarrestar posibles niveles elevados que puedan presentarse por encima del flujo previsto en un canal. Así, el ingeniero que diseña emplea el margen de seguridad como defensa ante situaciones que podrían ocurrir. La extensión del margen sin obstáculos está determinada principalmente por el nivel de protección necesario para el canal, considerando su relevancia y la posibilidad de que ocurra un evento inusual. Así pues, la composición del suelo donde se construye el canal desempeña un papel crucial en establecer la amplitud del margen de seguridad. En caso de que el canal colapse en un suelo arenoso, las consecuencias pueden ser mucho más severas que en cualquier otro tipo de terreno. Al calcular la altura extra vertical conocida como borde libre, es importante tener en cuenta tanto la configuración de la sección transversal como, principalmente, la relación entre el caudal y la profundidad del agua. De acuerdo con Ven Te Chow, el margen libre varía desde menos del 5% hasta más del 30% del calado. No cabe duda de que son valores excepcionales. (Aguirre, P. 1974).

3.2.6.7 Eficiencia de conducción

La conexión entre la cantidad de agua requerida por la planta y la cantidad suministrada.

$$Efic = \frac{V}{Ve}$$

Donde:

V = Volumen útil

Ve = Volumen entregado

En los nuevos proyectos de riego, se considera fundamental no solo el transporte del agua hasta la bocatoma, sino también se presta especial cuidado al diseño del sistema de distribución interno de la parcela, lo cual potenciará la eficacia del riego. Cuando se

identifiquen las pérdidas de agua durante el riego y su distribución, se podrá optimizar la programación de los riegos y mejorar la eficiencia operativa para satisfacer los pedidos de manera más rápida. Existen cuatro maneras de resumir las pérdidas en un canal. (Valverde, J. 2007):

- Las pérdidas por evaporación suelen ser insignificantes y no se consideran.
- Las pérdidas por fugas pueden ser causadas por estructuras deficientes, compuertas inapropiadas, empaques obsoletos, etc. Pueden ser de gran tamaño si no se les presta atención.
- Errores cometidos por el personal, como la sobreapertura de las compuertas o la interrupción prematura del ciclo de riego al disminuir el nivel del agua, pueden resultar en pérdidas debido a un manejo inadecuado de la operación.
- Las filtraciones representan las mayores pérdidas y cambian dependiendo de factores como la extensión del canal, el índice de infiltración, el contorno húmedo y la presión hidráulica. Se reportan daños que oscilan entre el 15 y el 45 % en esta etapa. (Grassi, C. 2001).

La infiltración se refiere al desplazamiento del agua a lo largo de la superficie terrestre, penetrando en el suelo impulsado por la gravedad y la acción capilar. Cuando un canal lleva mucho tiempo llevando agua y el suelo por el que pasa se llena, las fuerzas capilares disminuyen poco a poco hasta que el flujo de agua solo ocurre por la gravedad y la velocidad de infiltración se estabiliza. Escrito por F. Aparicio en el año 1992. La infiltración elemental es la expresión empleada para caracterizar esta tasa de infiltración. Diversos elementos influyen en las fuerzas gravitatorias, como la composición del terreno, la distribución de partículas diminutas, la densidad y la disposición. De acuerdo con su criterio, factores como la edad y la configuración del canal, la extensión de su perímetro en contacto con el agua, la profundidad del agua en el canal (nivel del agua), la cercanía de acuíferos

subterráneos o la existencia de barreras. impermeables en el subsuelo (filtración restringida) y la proximidad de drenajes tienen un impacto en el proceso de infiltración. Factores como la densidad, la cantidad de sedimentos y cómo se distribuyen, la existencia de vegetación acuática y la antigüedad del canal no son tan relevantes (Alam, M y Bhutta, M. 2004).

Existe una variedad de métodos, tanto directos como analíticos y empíricos, para calcular las pérdidas por infiltración.

a. Métodos directos:

La técnica del estanque implica separar una sección del conducto que está llena de agua y observar cómo disminuye el nivel a medida que pasa el tiempo para medir las pérdidas. Es aconsejable proteger una sección del canal que tenga una extensión mínima de 300 metros con barreras temporales, y se sugiere cerrar los extremos del canal utilizando una cubierta de plástico. La cantidad de pérdida se expresa en metros cúbicos por metro cuadrado al día.

Es posible llevar a cabo las mediciones al momento de cortar el canal, justo después de que cese el flujo habitual, cuando el contorno del canal aún se encuentra completamente empapado. Se controla de forma periódica la cantidad de agua quieta en la sección, generalmente por varios días, observando la rapidez con la que desciende el nivel una vez completado el llenado inicial. Los escritores proponen la fórmula recomendada por ellos para realizar los cálculos.Es fundamental tener en cuenta la cantidad de agua que se evapora cada día. Kraatz (Alam, M y Bhutta, M. 2004).

$$S = W(d1 - d2)L / P*L \quad m$$

En esta situación, S representa la cantidad de agua filtrada en promedio por metro cuadrado cada día, W es el ancho promedio de la superficie del agua estancada, d1 indica la profundidad del agua al inicio de la medición, d2 es la profundidad del agua después de un día, P es el perímetro promedio de la superficie mojada y L es la longitud del canal.

Dos limitaciones principales son resaltadas por los autores: no es factible su uso durante la operación de los canales y no se ajusta a las velocidades y cantidades de sedimentos presentes en las condiciones de trabajo. Además, es aceptable para canales de menor tamaño que quizás no cuenten con un servicio continuo. Se trata de un enfoque invasivo que no es efectivo en todos los escenarios y necesita la edificación de barreras. Una desventaja adicional es que las partículas suspendidas pueden acumularse en el borde húmedo, modificando las condiciones naturales de absorción. (Kinzli, K. 2010).

b. Método de la diferencia de caudales o de entradas y salidas:

Se trata de la capacidad permitida en dos áreas específicas de un segmento de canal. Cuando se divide en Múltiples segmentos de canal, también se conoce como un sistema de entradas y salidas. Se llevan a cabo pruebas en las condiciones de trabajo y para el flujo de agua que circula por el canal. A lo largo de la historia, calcular las pérdidas de agua por filtración en canales mediante el método de entradas y salidas ha representado un desafío de gran complejidad. Calcular las pérdidas demanda una gran cantidad de tiempo, al mismo tiempo que la meticulosidad es esencial para lograr resultados exactos. (Kinzli, K. 2010).

c. Métodos analíticos y empíricos

Es posible elaborar fórmulas experimentales y representaciones visuales empleando datos previamente establecidos y obtenidos de pérdidas por filtración en diversas situaciones del entorno físico. Estas técnicas posibilitan cálculos que son útiles para la organización en circunstancias similares a las que se enfrentaron al tomar las decisiones. (Grassi, C. 2001) fue la fuente de la información. No obstante, resulta beneficioso calcular las pérdidas para llevar a cabo la operación de manera efectiva. Se han desarrollado modelos basados en la experiencia para representar la conexión entre la ecología y la textura del suelo, la capacidad de los canales y la vegetación que cubre los canales de tierra en la región de Isfahán, en Irán.

El escritor considera que estos patrones pueden resultar eficaces en diversas circunstancias para las variables señaladas. (Sepaskhah, A. y Salemi, H., 2009). Por el contrario, en Mendoza se considera más acertado conservar lo expresado, ya que se sostiene que las fórmulas empíricas y analíticas carecen de utilidad en la práctica operativa al exigir mayor precisión, por lo que resulta más sensato realizar cálculos de pérdidas. En zonas donde el suelo es uniforme, resulta beneficioso emplear modelos basados en la experiencia para calcular la Ec. (Grassi, C. 2001).

Es posible evaluar la eficacia de un canal de riego al medir la cantidad de agua que entra y venta de todas las entradas y salidas que conectan con el canal, incluyendo el punto de abastecimiento. La medición de la eficacia al conducir requiere de numerosas evaluaciones, por lo tanto, la conducción eficiente está estrechamente vinculada a la hidrometría del entorno.

La siguiente ecuación puede representar la eficiencia de conducción:

$$Econd = \frac{Vp}{Vt} \times 100 m^3$$

En donde:

Vp: volumen de agua entrabado a nivel de parcela

Vt: volumen total derivado de la fuente de abastecimiento

Sin embargo, una manera práctica de calcular las pérdidas de conducción es aplicando la siguiente e QT = Q (pérdidas) + Q (servicios)

La cantidad de "servicios" es identificada al hacer referencia a la lista de peticiones de riego, mientras que la cantidad de pérdidas es desconocida; Por lo tanto, es posible considerar tres opciones para determinar un valor al Q (pérdidas):

Que sea mayor que el real

Que sea menor que el real

O que sea igual al real

(Valverde, J. 2007)

3.2.6.8 Medición de la eficiencia de conducción

Las fugas causadas por infiltración pueden ser cuantificadas de forma directa o calculadas a través de técnicas analíticas y empíricas, tal como se hace referencia en diversos estudios. Con frecuencia se caracterizan estas pérdidas como el caudal de infiltración por cada kilómetro, expresado en m3/s/km, y el volumen por cada día y por cada metro cuadrado de la sección transversal del canal, en m3/m2/día.

La cantidad de agua que se filtra se contrasta con el flujo del canal por cada tramo de longitud, indicado en porcentaje por kilómetro.

De acuerdo con el escritor, se puede distinguir entre infiltración libre e infiltración sujeta considerando las condiciones hidrodinámicas del flujo de filtración. La infiltración libre sucede cuando el nivel freático y su capa capilar se sitúan a una profundidad que no interfiere con la entrada de agua desde el canal. Cuando el nivel del agua subterránea está cerca de la superficie, se produce la infiltración restringida, la cual afecta notablemente la infiltración debido a la diferencia de niveles entre el agua en el canal y el agua en el subsuelo. (Grassi, C. 2001).

3.2.6.9 Caudal

En dinámica, el caudal se refiere a la cantidad de líquido que se desplaza durante un intervalo de tiempo específico. La cantidad de líquido que atraviesa un área específica en un período de tiempo se conoce como flujo volumétrico y es la manera más habitual de explicarlo. Una forma poco frecuente de describir es la cantidad de masa que atraviesa un área específica en un lapso de tiempo determinado.

3.2.6.10 Deformaciones: grietas, roturas y fisuras

a) Grietas: cada fisura descontrolada en una superficie que afecta su totalidad.

b) Grietas: Cualquier apertura inadvertida que únicamente impacte la capa externa del objeto o su apariencia acabado superficial.

3.2.6.11 Daños en canales:

A) Obstrucciones en canales

Descripción del daño

Presencia de elementos o material que impide parcial o totalmente el adecuado transporte de las aguas por canales y zanjas de drenaje.

Posibles causas del deterioro

- En las áreas adyacentes, la acción erosiva provoca el desplome de rocas, desechos, tierra, arbustos y otros elementos en la parte acuática de los canales. El elevado contenido de sedimentos en el agua que fluye provoca la acumulación progresiva de sedimentos en el lecho de las construcciones.
- También existe una zona limitada o una inclinación que no es adecuada para prevenir la acumulación de sedimentos.
- La falta de dominio sobre los objetos arrojados por las personas.

Nivel de severidad

- Debajo: obstrucción que no bloquea por completa la sección y afecta menos del 10% de la extensión del canal.
- Medio: una obstrucción que no cierra completamente la sección, pero que incide en menos del 30% de la extensión del conducto.
- Elevado: una barrera que impacta en más del 30% de la extensión del conducto o áreas totalmente cerradas.

Medición

- Se calcularán todos los metros lineales (m) de longitud obstruida. El volumen del material que causa la obstrucción debe medirse aproximadamente en metros cúbicos (m3).

Intervención recomendada

Limpieza de la sección.

B) Agrietamiento en canales

Descripción del daño

Existen grietas o fisuras en las partes del trazado de canales.

Las causas potenciales del deterioro

- Movimientos del suelo que provocan sobreesfuerzos en los materiales de los canales
- Daños causados por actividades antrópicas
- Deficiencia en la construcción.

Nivel de severidad

- En la parte inferior, se observan grietas que están selladas y otras que están abiertas con una distancia menor a 3 mm entre ellas.
- En el medio hay diversas grietas, algunas selladas y otras abiertas, con separaciones de entre 3 y 5 mm, sin causar ningún daño a la estructura de drenaje.
- De gran altura: grietas destacadas o varias grietas abiertas con una separación mayor a 5 mm, las cuales podrían afectar la integridad de la estructura de drenaje.

Medición

- La magnitud del daño se mide en la extensión en metros lineales del canal afectado.

Intervención recomendada

- Para canales de concreto con niveles de severidad bajos y medios, se recomienda aplicar selladores epóxicos o bituminosos. Los canales de tierra se cierran con arcilla o suelo de cemento.
- En situaciones de gran gravedad, es crucial investigar la raíz del daño y aplicar las acciones pertinentes para su gestión a carga de un especialista en geotecnia, antes de proceder con la restauración definitiva del conducto. Durante la resolución de las causas del inconveniente, se realiza una reconstrucción temporal completa.

IV. Metodología

4.1 Tipo y nivel de investigación

4.1.1 Tipo de investigación

No experimental: La manipulación de una variable no experimental, verificada por el software HEC RAS. y por el método de Benedetti-Petrini, para determinar los resultados positivos o negativos del objeto de estudio, de modo o porque la causa produce paz, es el tema de esta investigación no experimental cuantitativa., (2014, p.11). Debido a que se analizarán las anomalías estructurales en planta y altura, la investigación no es experimental. El tiempo de vibración, Verifique los traslados por piso, Comportamiento de las escaleras, losas, columnas y vigas. Propiedades del sistema estructural "El método cuantitativo es secuencial y demostrativo. El orden es riguroso, pero podemos redefinir algunas fases; cada etapa precede a la siguiente; no podemos saltar o eludir pasos." (Hernández Sampieri, y otros, 2014 pág. 4).

4.1.2 Nivel o alcance de investigación

Es del tipo descriptivo: El primer paso es obtener datos del canal La Collpa y luego analizarlos, lo cual se basa principalmente en la observación en su contexto actual. La eficacia del canal La Collpa en la captación, conducción y distribución fue determinada (Hernández, 2019).

4.1.3 Diseño de investigación

En experimental: Sampieri (2003), El diseño no experimental se divide según la cantidad de tiempo que pasó durante la recolección de datos, como La variable independiente (causa) se manipula y la variable dependiente (efecto) se mide en el diseño transversal, que recopila datos en un solo momento, en un solo tiempo, con el fin de describir las variables y su relación entre sí.

4.2 Ámbito temporal y espacial

4.2.1 Ámbito temporal

Durante todo el año 2024, se realizó una investigación que cubrió tanto la temporada de lluvias como la estación seca, a cubrir un período completo de evaluación. Gracias a esto, se pudo examinar las fluctuaciones en la conducta del agua en el canal en distintos escenarios climáticos, lo cual resultó fundamental para detectar los lugares donde se reducía la eficacia. Durante el transcurso de este año, las mediciones y análisis llevaron a cabo ofrecieron una perspectiva completa sobre cómo opera el sistema de riego en diferentes situaciones, lo que posibilitó la elaboración de sugerencias para mejorar su eficiencia.

4.2.2 Espacial

El estudio tuvo lugar en el distrito de Toraya, situado en la provincia de Aymaraes, en el departamento de Apurímac, en Perú. La zona de investigación abrió el canal, una estructura de riego esencial para la agricultura local. Se analizaron distintas partes del conducto, desde su origen en las fuentes naturales hasta los puntos de entrega en los campos agrícolas. Gracias a esta metodología, se logró analizar minuciosamente la efectividad del flujo de agua en distintas secciones del conducto, teniendo en cuenta las características geográficas y técnicas específicas del sistema. Mediante el estudio de la distribución geográfica, se aseguró que los hallazgos fueran significativos y provechosos para los agricultores locales.

4.3 Población y muestra

Población

La población, también conocida como universo, abarca todos los casos que cumplen con ciertas características específicas (HERNÁNDEZ SAMPIERI, et al., 2014, p. 174). El grupo de individuos que se analizará está conformado por el entramado hidráulico del canal de riego en la región de Toraya.

Muestra

De acuerdo con Hernández Sampieri y sus colegas (2014), una muestra se define como un grupo más pequeño que refleja de manera fiel al conjunto total o población de la cual se recopilan los datos. Las muestras no probabilísticas, también llamadas muestras intencionales, emplean un enfoque de selección basado en las particularidades del estudio en lugar de un criterio estadístico genérico. (Sampieri et al., 2014, página 189).

La muestra utilizada en este estudio pertenece al Canal principal del sistema hidráulico del canal de riego del distrito de Toraya

Muestreo

Puede ser premeditado o subjetivo. Según Arias (2012), la elección de la muestra se fundamenta en criterios (tanto de inclusión como de exclusión) o en la apreciación del investigador. De esta manera, se aplicarán los estándares de admisión y rechazo para escoger la muestra. (Arias, 2012)

En este estudio se considerarán las siguientes distancias: la quebrada Huisachinca en el kilómetro 01+478, y la quebrada Tojorhuani en el kilómetro 2+995.

4.4 Instrumentos

Esta investigación, hace necesario la recolección de datos, y que para efecto utilizaran como instrumento de recolección de información, ficha de observación y los protocolos de ensayos debidamente sustentado en base a los indicadores que evidenciaran los resultados. Las fichas de recolección de información de protocolos,

4.5 Procedimientos

A. Levantamiento de información preliminar:

- Recolección de datos históricos sobre el canal, su construcción, mantenimiento y su rendimiento en las temporadas de riego.
- Identificación de puntos críticos del canal para el estudio.

B. Mediciones de caudal:

- Uso de caudalímetros portátiles para medir el flujo de agua en distintos tramos del canal en diferentes épocas (lluvia y sequía).
- Registro mensual de caudales en puntos de entrada, media y salida del canal.

C. Inspección de infraestructura:

- Inspección visual y registro en fichas técnicas del estado estructural del canal (grietas, obstrucciones, desgaste).
- Identificación y documentación de problemas que afectan la eficiencia hidráulica.

D. Levantamiento topográfico:

- Uso una estación total topcom ES 105 para realizar un levantamiento detallado del canal y su entorno.
- Análisis del perfil longitudinal y transversal para identificar pendientes, estancamientos y zonas de riesgo.

E. **Simulación computacional**:

- Modelado del comportamiento hidráulico del canal usando software
- Simulación de escenarios con diferentes caudales y condiciones climáticas para prever su rendimiento futuro.

F. Análisis de resultados:

- Comparación de los datos de campo con los resultados de las simulaciones.
- Identificación de puntos críticos de mejora y formulación de recomendaciones para optimizar la eficiencia del canal.

4.6 Análisis de datos

Para el análisis se realizó mediante el procesamiento estadístico de los datos recopilados se realizó por medio de un análisis descriptivo, donde se comprobó la hipótesis y se evalúo la significancia de las relaciones entre las variables de flujo de infiltración y los deslizamientos de taludes. Se uso una hoja de cálculo, donde se presentan el vaciado de las fichas de registro y los gráficos de líneas y barras de interpretación, elaborados en Microsoft Excel y SPSS para la comprobación de las hipótesis.

4.7 Consideraciones éticas

Los siguientes criterios se tomaron en cuenta para establecer y garantizar la calidad ética correspondiente al trabajo de investigación y asegurar una calidad de investigación que respete las normas, resultados que son validados por el laboratorio certificado que brindan calidad, como también aportara para el bien común de la sociedad.

V. Resultados y discusión

5.1 Descripción de la zona de estudio

5.1.1. Ubicación

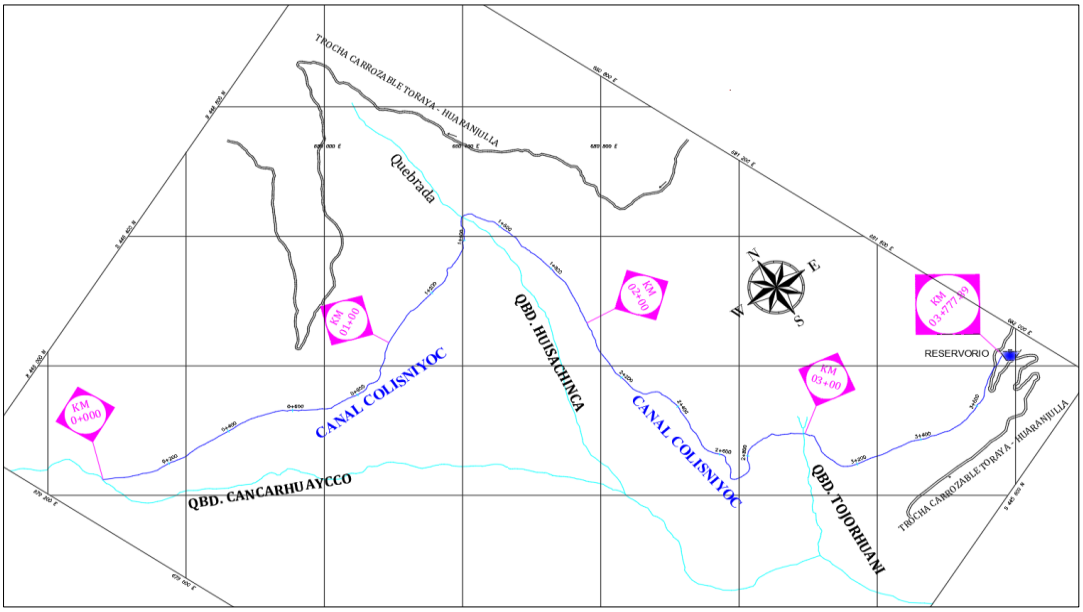
Las localidades de Queuñapata y Ccocha Ccocha, que se encuentra ubicado en el distrito de Toraya la cual se ubica en la provincia de Aymaraes, Región Apurímac perteneciendo al lado Nor-Oriental de la capital de la región, su ámbito territorial está comprendida las altitudes que van desde los 3700 m.s.n.m.

5.1.1.1.Características del objeto de estudio

El canal, se encuentra ubicado en las localidades de Queuñapata y Ccocha Ccocha, abarca una longitud de 3777.89 metros y se alimenta de tres quebradas principales a lo largo de su recorrido. En el kilómetro 00+000, se encuentra la quebrada Cancarhuaycco, seguida por la quebrada Huisachinca en el kilómetro 01+478, y finalmente, la quebrada Tojorhuani en el kilómetro 2+995. El canal es la principal infraestructura para el suministro hídrico destinado al riego de los cultivos en las localidades de Queuñapata y Ccocha Ccocha. Su función es esencial para garantizar un aprovisionamiento adecuado de agua, contribuyendo así al desarrollo agrícola sostenible en ambas localidades. El canal se encuentra revestido con concreto, y presenta varias secciones desde el kilómetro 0+000 hasta el kilómetro 02+995. A partir de este punto, mantiene una sección constante de 0.30 m de ancho por 0.25 m de alto. El canal culmina en el kilómetro 03+777.89, donde discurre sobre un reservorio con geomembrana de 500 m3.

Figura 1.

Ubicación del canal



Nota. Datos procesados en laboratorio
Fuente. Elaboración propia

5.2. Estudios previos

5.2.1. Estudios de campo

5.2.1.1. Estudios topográficos

Para el levantamiento topográfico del área de estudio se utilizó el método de la poligonal abierta. Dejando puntos de control a lo largo del canal, según el siguiente cuadro:

Tabla 2.

Coordenadas de los Puntos de Control

Punto	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCIÓN
3	8467790.11	764383.548	3911.597	BM1
73	8468242.38	764203.129	3846.961	BM2
163	8468498.38	764155.147	3801.854	BM3

383	8469691.2	764040.517	3650.069	BM4
437	8469999.7	763754.502	3536.727	BM5
556	8471469.95	763236.109	2987.948	BM6

Nota. Puntos de control

Para el levantamiento se utilizaron los siguientes equipos: una estación total Topcon ES-105 con 2 prismas, una computadora (Laptop i7 última generación), Un GPS Navegador Garmin MAP 62S, 04 radios de 2 Km. de alcance.

Los cálculos de gabinete se realizaron con la finalidad de procesar toda la información recopilada, para el presente estudio, la información recuperada primeramente fue evaluada, tratada y posteriormente se elaboraron los planos topográficos; y en el caso de las libretas de campo para nivelación de igual manera la información recuperada primeramente fue evaluada, tratada y posteriormente se elaboraron los planos respectivos. Los planos topográficos y perfiles longitudinales fueron elaborados con ayuda de los programas AUTOCAD CIVIL 3D y AUTOCAD.

5.2.1.2.Estudio Hidrometeorológicos

Para evaluar las condiciones meteorológicas en la zona de estudio, se procedió a recabar información de la plataforma del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Se extrajeron datos relevantes, incluyendo la temperatura máxima, temperatura mínima, humedad relativa y precipitación. La estación meteorológica más cercana al área de estudio es la estación AYMARAES. A continuación, se proporcionan detalles acerca de sus características:

Tabla 3.

Características de la estación meteorológica

Estación: AYMARAES					
Departamento:	APURIMAC	Provincia:	AYMARAES	Distrito:	CHALHUANCA
Latitud:	14°17'26.02"	Longitud:	73°15'6.05"	Altitud:	2964 msnm.
Tipo:	CO - Meteorológica	Código:	114117		

Nota. En el cuadro anterior se muestra la característica de la estación - SENAMHI

En el presente estudio, se utilizaron datos correspondientes al periodo del año 2023, los cuales fueron recabados de la plataforma del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Para calcular la evaporación a lo largo de los 365 días del año en la zona de estudio, se aplicó la fórmula de Penman. Esta fórmula, que toma en cuenta parámetros climáticos como temperatura, humedad, velocidad del viento y radiación solar, proporciona una estimación precisa del proceso de evaporación. Las coordenadas geográficas de la zona de estudio fueron determinadas mediante la herramienta Google Earth. Estas coordenadas son esenciales para la correcta aplicación de la fórmula de Penman, ya que la ubicación precisa incide directamente en los factores climáticos utilizados en el cálculo. Con los datos meteorológicos y las coordenadas establecidas, se procedió a aplicar la fórmula de Penman para determinar la tasa de evaporación en la zona de estudio. Los resultados obtenidos se presentan a continuación, reflejando la tasa de evaporación estimada para cada día del año 2023.

5.2.1.3.Aforo de canales

En el presente estudio se realizó el aforo del canal haciendo uso de los métodos de la corriente libre o flotador y el método del vertedero, desde donde se obtendrá los datos de los

caudales y serán analizados para determinar el caudal real, los aforos se efectuaron en el km 03+000 (entrada) y km 03+776 (salida), el km 03+000 se determinó para aforar en vista que en el km 02+990 se encuentra un afluente del canal, y el km 03+776 se eligió por que el canal discurre al reservorio en el km 03+777.89. los materiales empleados para aforar mediante el método de la corriente libre o flotador fueron: Flotador, Cinta métrica, Cronometro, Jalones, Libretas, etc, y para el método del vertedero se mandó a elaborar la sección del vertedero en una plancha metálica de ¼" de igual forma se utilizó la mezcla de cemento mas yeso para sellar el canal con el vertedero, la sección del vertedero es de 0.20 m de ancho por 0.15 m de altura. Se programaron 05 fechas consecutivas para efectuar el aforo en el canal conforme al siguiente cuadro:

Tabla 4.

Cronograma de aforo de canal

N°	Fecha	Ubicación		Hora	Observaciones
		Entrada	Salida		
01	21/08/2023	Km 03+000	Km 03+780	10:00 am	Cielo despejado
02	22/08/2023	Km 03+000	Km 03+780	9:00 am	Cielo despejado Presencia de vientos
03	23/08/2023	Km 03+000	Km 03+780	8:50 am	Cielo despejado
04	24/08/2023	Km 03+000	Km 03+780	3:00 pm	Cielo despejado Presencia de vientos
05	25/08/2023	Km 03+000	Km 03+780	2:30pm	Cielo despejado Presencia de vientos

Nota. El cuadro muestra el cronograma de adoro del canal

5.2.1.4.evaluación del recubrimiento y juntas en canal

En la fase de reconocimiento del tramo en estudio, se llevó a cabo una evaluación detallada de las grietas, fisuras, roturas y el estado de llenado de juntas presentes en la estructura del canal. El objetivo de esta verificación fue describir y clasificar cada uno de estos defectos, identificando su tipo y analizando las condiciones particulares en las que se

manifiestan. Este proceso se realizó con el propósito de obtener una comprensión detallada de la situación, sentando las bases para un análisis más profundo de los desperfectos observados.

5.3. análisis de la información

5.3.1. Cálculo de caudal por el método de corriente libre o flotadores

El proceso se efectuó siguiendo los siguientes pasos:

a) Se fijaron el punto de partida y punto de llegado, estos puntos se encontraron separados 10 m y se encontraron marcados y fijados mediante jalones, se hizo uso de la cinta métrica medir la distancia.

b) los flotadores se colocaron en el punto de partida desde donde se dejó flotar siguiendo la corriente de agua.

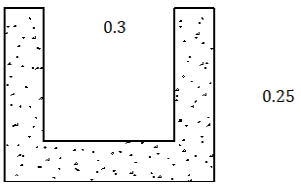
c) Se registro el tiempo que tardo el flotador en recorrer el tramo de cabal marcado. Se hizo uso de las libretas y cronometro, se aclara que se efectuaron 10 controles de tiempo los cuales se encuentran registrados en las libretas

d) La velocidad del agua se determinó dividiendo la distancia recorrida (L=10m) por el tiempo empleado.

e) Con la velocidad conocida, el área transversal del canal y aplicando la fórmula del caudal (Q = A * V, donde Q es el caudal, A es el área y V es la velocidad), se obtiene el caudal del flujo de agua en ese tramo.

Figura 2.

sección del canal tramo 03+000 a 03+780



Nota. Se aprecia sección del canal
Fuente. Elaboración propia

Se aclara que la sección es constante y el canal se encuentra revestido con concreto

A continuación, se detalla los registros de las mediciones efectuadas en la entrada y salida del canal.

Registro de las mediciones efectuadas el día 21 de agosto del 2023

Tabla 5.

Registros del aforo día 21.08.2023 método flotador

Tiempo (seg) =	Datos	
	Entrada	Salida
t1 =	13.89	13.20
t2 =	13.19	12.53
t3 =	14.10	13.40
t4 =	14.27	13.56
t5 =	14.20	13.49
t6 =	14.56	13.83
t7 =	14.65	13.92
t8 =	14.15	13.44
t9 =	14.20	13.49
t10 =	14.19	13.48
Promedio =	14.14	13.43
Distancia (m) =	10	10
Velocidad (m/s) =	0.71	0.74
Sección (m2) =	0.044	0.038
Ancho (m) =	0.30	0.30
Alto (m) =	0.15	0.13
Caudal (m3/s) =	0.03	0.03
Caudal (l/s) =	30.76	27.92

Nota. registro de las mediciones efectuadas el día 22 de agosto del 2023

Tabla 6.

Registros del aforo día 22.08.2023 método flotador

Tiempo (seg) =	Datos	
	Entrada	Salida
t1 =	14.43	13.84
t2 =	13.58	13.28
t3 =	14.59	14.15

t4 =	14.62	14.16
t5 =	14.62	14.09
t6 =	14.92	14.66
t7 =	15.08	14.70
t8 =	14.64	14.15
t9 =	14.83	14.30
t10 =	14.81	14.29
Promedio =	14.61	14.16
Distancia (m) =	10	10
Velocidad (m/s) =	0.68	0.71
Sección (m2) =	0.044	0.038
Ancho (m) =	0.30	0.30
Alto (m) =	0.15	0.13
Caudal (m3/s) =	0.03	0.03
Caudal (l/s) =	29.77	26.48

Nota. registro de las mediciones efectuadas el día 23 de agosto del 2023

Tabla 7.

Registros del aforo día 23.08.2023 método flotador

Tiempo (seg) =	Datos	
	Entrada	Salida
t1 =	13.54	12.59
t2 =	12.79	11.82
t3 =	13.60	12.57
t4 =	13.69	12.79
t5 =	13.55	12.87
t6 =	14.19	13.19
t7 =	14.20	13.13
t8 =	13.65	12.61
t9 =	13.69	12.87
t10 =	13.61	12.65
Promedio =	13.65	12.71
Distancia (m) =	10	10
Velocidad (m/s) =	0.73	0.79
Seccion (m2) =	0.044	0.038
Ancho (m) =	0.30	0.30
Alto (m) =	0.15	0.13
Caudal (m3/s) =	0.03	0.03
Caudal (l/s) =	31.87	29.51

Nota. registro de las mediciones efectuadas el día 24 de agosto del 2023

Tabla 8.

Registros del aforo día 24.08.2023 método flotador

Tiempo (seg) =	Datos	
	Entrada	Salida
t1 =	17.01	16.16
t2 =	15.33	14.56
t3 =	16.98	16.13
t4 =	17.54	16.66
t5 =	16.80	15.96
t6 =	18.70	17.77
t7 =	16.38	15.56
t8 =	16.44	15.62
t9 =	17.10	16.24
t10 =	18.23	17.32
Promedio =	17.05	16.20
Distancia (m) =	10	10
Velocidad (m/s) =	0.59	0.62
Sección (m2) =	0.044	0.038
Ancho (m) =	0.30	0.30
Alto (m) =	0.15	0.13
Caudal (m3/s) =	0.03	0.02
Caudal (l/s) =	25.51	23.15

Nota. registro de las mediciones efectuadas el día 25 de agosto del 2023

Tabla 9.

Registros del aforo día 25.08.2023 método flotador

Tiempo (seg) =	Datos	
	Entrada	Salida
t1 =	12.42	11.80
t2 =	11.87	11.28
t3 =	12.85	12.20
t4 =	13.16	12.50
t5 =	12.54	11.91
t6 =	13.18	12.53
t7 =	13.35	12.68
t8 =	13.05	12.39
t9 =	12.94	12.29
t10 =	12.77	12.13
Promedio =	12.81	12.17

Distancia (m) =	10	10
Velocidad (m/s) =	0.78	0.82
Sección (m2) =	0.044	0.038
Ancho (m) =	0.30	0.30
Alto (m) =	0.15	0.13
Caudal (m3/s) =	0.03	0.03
Caudal (l/s) =	33.95	30.81

Nota. registro de las mediciones efectuadas el día 25 de agosto del 2023

Tabla 10.

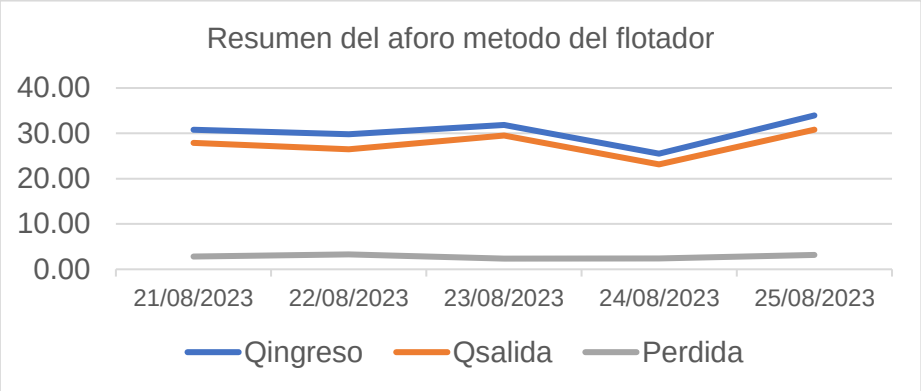
Resumen de aforo método flotador

N°	Fecha	Caudal (lit/seg)		Perdida (lit/seg)
		Ingreso	Salida	
1	21/08/2023	30.76	27.92	2.85
2	22/08/2023	29.77	26.48	3.29
3	23/08/2023	31.87	29.51	2.36
4	24/08/2023	25.51	23.15	2.36
5	25/08/2023	33.95	30.81	3.14
Promedio =		30.37	27.57	2.80

Nota. del cuadro anterior se observa que el caudal promedio de ingreso es 30.37 lit/seg, y el caudal promedio de salida es 27.57 lit/seg, y la perdida de caudal es 2.80 lit/seg

Figura 3.

Resumen de aforo método flotador



Nota. Datos de software
Fuente. Elaboración propia

5.3.2. Cálculo de Caudal por el Método del Vertedero

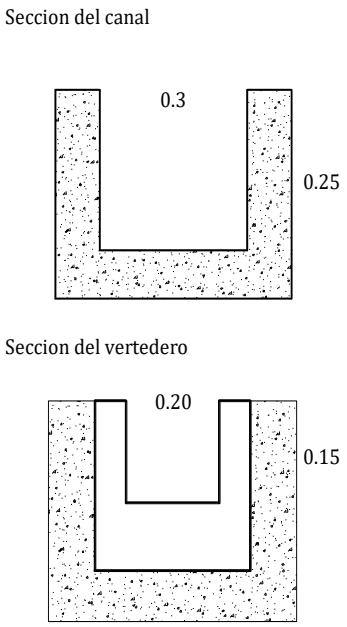
El proceso se efectuó siguiendo los siguientes pasos:

1. Instalación del Vertedero: el vertedero rectangular fabricado en plancha metálica lisa de ¼", se instalado correctamente en el canal donde se realizará la medición, para lo cual se hizo uso de mortero de cemento y yeso para sellar completamente el flujo de agua por el canal
2. Medición de la Altura del Agua (h): se procedió a medir la altura del agua (h) sobre la cresta del vertedero, para lo cual se utilizó la cinta métrica. Esta medida se tomó perpendicularmente desde la superficie libre del agua hasta la cresta del vertedero
3. Aplicación de la Fórmula del Vertedero Rectangular: con los datos obtenidos se procedió a utilizar la fórmula para el vertedero rectangular de donde se pudo calcular el caudal (Q). La fórmula es: $Q = C \times L \times h^{2/3}$, donde: Q es el caudal, C es el coeficiente de descarga, que depende de la forma y las condiciones del vertedero (usualmente se proporciona en tablas o

se obtiene de estudios anteriores), L es la longitud de la cresta del vertedero y *h* es la altura del agua sobre la cresta del vertedero.

Figura 4.

Sección del canal y sección del vertedero



formula para vertederos de Pared delgada (Seccion rectangular)

$$Q = \frac{2}{3} C_d \times b \times \sqrt{2g} \times h^{2/3}$$

$Q = Caudal\ que\ fluye\ por\ el\ vertedero\ \left(m3/s\right)$

$Cd = coeficiente\ de$ gasto

$b = ancho\ de\ la\ parte\ superior$

$h = carga\ sobre\ el\ vertedero$

$Cd = 0.60$

$$C_d = 0.611 + 0.075 \times \frac{h}{w}$$

Tabla 11.

Registro del aforo día 21.08.2023 método vertedero

DATOS	UNIDAD	N° DE AFOROS 1	2	3
1. CAUDAL DE INGRESO				
Base del vertedero	m	0.25	0.25	0.25
Umbral del vertedero (w)	m	0.10	0.10	0.10
Ancho de la cresta (b)	m	0.20	0.20	0.20
Carga hidráulica (h)	m	0.175	0.170	0.170
Coeficiente de gasto (Cd)		0.74	0.74	0.74
Caudal calculado (Q)	m^3/s	0.03	0.03	0.03
Caudal promedio (Q)	m^3/s		0.03	
Caudal promedio (Q)	l/s		31.08	
2. CAUDAL DE SALIDA				
Base del vertedero	m	0.25	0.25	0.25
Umbral del vertedero (w)	m	0.10	0.10	0.10
Ancho de la cresta (b)	m	0.20	0.20	0.20
Carga hidráulica (h)	m	0.155	0.160	0.155
Coeficiente de gasto (Cd)		0.73	0.73	0.73
Caudal calculado (Q)	m^3/s	0.03	0.03	0.03
Caudal promedio (Q)	m^3/s		0.03	
Caudal promedio (Q)	l/s		26.68	

*Nota***.** El cuadro muestra el registro del aforo día 21.08.2023 método vertedero

Tabla 12.

Registro del aforo día 22.08.2023 método vertedero

DATOS	UNIDAD	N° DE AFOROS 1	2	3
1. CAUDAL DE INGRESO				
Base del vertedero	m	0.25	0.25	0.25
Umbral del vertedero (w)	m	0.10	0.10	0.10
Ancho de la cresta (b)	m	0.20	0.20	0.20

Carga hidráulica (h)	m	0.186	0.182	0.181
Coeficiente de gasto (Cd)		0.75	0.75	0.75
Caudal calculado (Q)	m^3/s	0.04	0.03	0.03
Caudal promedio (Q)	m^3/s		0.03	
Caudal promedio (Q)	l/s		34.63	
2. CAUDAL DE SALIDA				
Base del vertedero	m	0.25	0.25	0.25
Umbral del vertedero (w)	m	0.10	0.10	0.10
Ancho de la cresta (b)	m	0.20	0.20	0.20
Carga hidráulica (h)	m	0.165	0.172	0.165
Coeficiente de gasto (Cd)		0.73	0.74	0.73
Caudal calculado (Q)	m^3/s	0.03	0.03	0.03
Caudal promedio (Q)	m^3/s		0.03	
Caudal promedio (Q)	l/s		29.71	

Nota. El cuadro muestra el registro del aforo día 22.08.2023 método vertedero

Tabla 13.

Registro del aforo día 23.08.2023 método vertedero

DATOS	UNIDAD	N° DE AFOROS		
		1	2	3
1. CAUDAL DE INGRESO				
Base del vertedero	m	0.25	0.25	0.25
Umbral del vertedero (w)	m	0.10	0.10	0.10
Ancho de la cresta (b)	m	0.20	0.20	0.20
Carga hidráulica (h)	m	0.171	0.168	0.164
Coeficiente de gasto (Cd)		0.74	0.74	0.73
Caudal calculado (Q)	m^3/s	0.03	0.03	0.03
Caudal promedio (Q)	m^3/s		0.03	
Caudal promedio (Q)	l/s		29.86	

2. CAUDAL DE SALIDA				
Base del vertedero	m	0.25	0.25	0.25
Umbral del vertedero (w)	m	0.10	0.10	0.10
Ancho de la cresta (b)	m	0.20	0.20	0.20
Carga hidráulica (h)	m	0.151	0.158	0.150
Coeficiente de gasto (Cd)		0.72	0.73	0.72
Caudal calculado (Q)	m^3/s	0.03	0.03	0.02
Caudal promedio (Q)	m^3/s		0.03	
Caudal promedio (Q)	l/s		25.65	

Nota. El cuadro muestra el registro del aforo día 23.08.2023 método vertedero

Tabla 14.

Registro del aforo día 24.08.2023 método vertedero

DATOS	UNIDAD	N° DE AFOROS		
		1	2	3
1. CAUDAL DE INGRESO				
Base del vertedero	m	0.25	0.25	0.25
Umbral del vertedero (w)	m	0.10	0.10	0.10
Ancho de la cresta (b)	m	0.20	0.20	0.20
Carga hidráulica (h)	m	0.203	0.195	0.198
Coeficiente de gasto (Cd)		0.76	0.76	0.76
Caudal calculado (Q)	m^3/s	0.04	0.04	0.04
Caudal promedio (Q)	m^3/s		0.04	
Caudal promedio (Q)	l/s		39.81	
2. CAUDAL DE SALIDA				
Base del vertedero	m	0.25	0.25	0.25
Umbral del vertedero (w)	m	0.10	0.10	0.10
Ancho de la cresta (b)	m	0.20	0.20	0.20
Carga hidráulica (h)	m	0.180	0.184	0.180
Coeficiente de gasto (Cd)		0.75	0.75	0.75
Caudal calculado (Q)	m^3/s	0.03	0.03	0.03

Caudal promedio (Q)	m^3/s	0.03
Caudal promedio (Q)	l/s	34.10

Nota. el cuadro muestra el registro del aforo día 24.08.2023 método vertedero

Tabla 15.

Registro del aforo día 25.08.2023 método vertedero

DATOS	UNIDAD	N° DE AFOROS		
		1	2	3
1. CAUDAL DE INGRESO				
Base del vertedero	m	0.25	0.25	0.25
Umbral del vertedero (w)	m	0.10	0.10	0.10
Ancho de la cresta (b)	m	0.20	0.20	0.20
Carga hidráulica (h)	m	0.159	0.156	0.154
Coeficiente de gasto (Cd)		0.73	0.73	0.73
Caudal calculado (Q)	m^3/s	0.03	0.03	0.03
Caudal promedio (Q)	m^3/s		0.03	
Caudal promedio (Q)	l/s		26.65	
2. CAUDAL DE SALIDA				
Base del vertedero	m	0.25	0.25	0.25
Umbral del vertedero (w)	m	0.10	0.10	0.10
Ancho de la cresta (b)	m	0.20	0.20	0.20
Carga hidráulica (h)	m	0.141	0.147	0.140
Coeficiente de gasto (Cd)		0.72	0.72	0.72
Caudal calculado (Q)	m^3/s	0.02	0.02	0.02
Caudal promedio (Q)	m^3/s		0.02	
Caudal promedio (Q)	l/s		22.91	

Nota. el cuadro muestra el registro del aforo día 25.08.2023 método vertedero

Tabla 16.

Resumen de aforo método vertedero

N°	Fecha	Caudal (lit/seg)

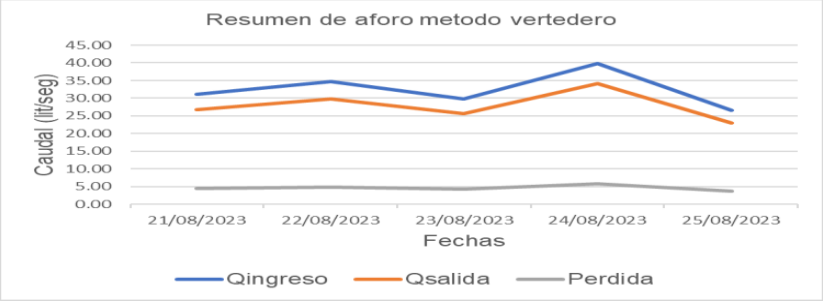
		Ingreso	Salida	**Perdida (lit/seg)**
1	21/08/2023	31.08	26.68	4.39
2	22/08/2023	34.63	29.71	4.91
3	23/08/2023	29.86	25.65	4.20
4	24/08/2023	39.81	34.10	5.71
5	25/08/2023	26.65	22.91	3.74
	Promedio =	32.41	27.81	4.59

Nota. el cuadro anterior muestra el resumen de los métodos de aforo

Del cuadro anterior se observa que el caudal promedio de ingreso es 32.41 lit/seg, y el caudal promedio de salida es 27.81 lit/seg, y la perdida de caudal es 4.59 lit/seg.

Figura 5.

Resumen de aforo método vertedero



Nota. Datos de software
Fuente. Elaboración propia

En la evaluación de los resultados, se ha observado una diferencia entre el caudal determinado mediante el método del vertedero y el obtenido a través del método de la corriente libre o flotador. Cabe destacar que el caudal determinado por el método del vertedero es superior en comparación con el caudal obtenido mediante el método de la corriente libre. Para abordar esta diferencia y garantizar una estimación más confiable del caudal, se optará por considerar el promedio de ambos caudales. La elección de utilizar el promedio tiene como objetivo atenuar posibles sesgos inherentes a cada método individual.

Tabla 17.

Cuadro comparativo del aforo entre método del vertedero y flotador

N°	Fecha	Caudal Ingreso (lit/seg)			Caudal Salida (lit/seg)		
		Vertedero	Flotador	Prom	Vertedero	Flotador	Prom
1	21/08/2023	31.08	30.76	30.92	26.68	27.92	27.30
2	22/08/2023	34.63	29.77	32.20	29.71	26.48	28.10
3	23/08/2023	29.86	31.87	30.86	25.65	29.51	27.58
4	24/08/2023	39.81	25.51	32.66	34.10	23.15	28.63
5	25/08/2023	26.65	33.95	30.30	22.91	30.81	26.86
Promedio =		32.41	30.37	31.39	27.81	27.57	27.69

Nota. el cuadro muestra la comparación entre los métodos

Tabla 18.

Resumen del caudal de entrada y salida

N°	Fecha	Caudal Ingreso (lit/seg)	Caudal Salida (lit/seg)
1	21/08/2023	30.92	27.30
2	22/08/2023	32.20	28.10
3	23/08/2023	30.86	27.58
4	24/08/2023	32.66	28.63
5	25/08/2023	30.30	26.86
	Promedio =	31.39	27.69

Nota. el cuadro muestra el resumen del caudal de entrada y salida

Del cuadro anterior, se destaca que el caudal promedio de entrada es de 31.39 (lit/seg), mientras que el caudal promedio de salida es 27.69 (lit/seg). Al tratarse de mediciones realizadas en el mismo día y en el mismo tramo de canal, se puede indicar que la pérdida ocasionada por infiltración y evaporación asciende a 3.70 (lit/seg).

5.3.3. Caudal de Evaporación (Q evp.)

Se procede a estimar el cálculo de la evaporación en un periodo de 365 días del año 2023, teniendo en cuenta la fórmula de Penman, donde se tendrá en cuenta las temperaturas diarias del año 2023 según datos del Senamhi. Asimismo, se considera la elevación del distrito de Toraya de h=3660 msnm

Se procede a estimar el cálculo de evaporación para el día 02 de enero del 2023 en base a la fórmula de Penman

- Temperatura diaria (T)

$$T = \frac{(T_{\max} + T_{\min})}{2}$$
$$T = \frac{(26.3 + 1.40)}{2}$$
$$T = 13.85°$$

- Rango de temperatura diaria (R)

$$R = (T_{\max} - T_{\min})$$
$$R = (26.3 - 1.40)$$
$$T = 24.90°$$

- Tm

$$T_m = T + 0.006h$$
$$T_m = 13.85 + 0.006 \times 3660$$
$$T_m = 35.81°$$

- Diferencia de temperatura medias de los meses más cálidos y más fríos ($Rann$).

$$T_{prom \times dia \times 365} = \frac{(T_1 + T_2 + ... + T_{365})}{365}$$
$$T_{prom \times dia \times 365} = 15.057°$$
$$T_{frio} < T_{prom \times dia \times 365} < T_{calido}$$
$$T_{frio} < 15.057° < T_{calido}$$

Se observa que los meses cálidos son enero, abril, setiembre, octubre, noviembre y diciembre, y los meses más fríos son febrero, marzo, mayo, junio, julio y agosto.

$$T_{calido} = \frac{(15.97 + 15.45 + 16.56 + 15.40 + 15.55 + 15.73)}{6}$$
$$T_{calido} = 15.78°$$
$$T_{frio} = \frac{(14.21 + 14.98 + 13.60 + 14.56 + 14.04 + 14.65)}{6}$$
$$T_{frio} = 14.34°$$

- Rann

$$R_{rann} = T_{calido} - T_{frio}$$
$$R_{rann} = 1.435$$

- (T-Td)

$$(T - T_d) = 0.0023h + 0.37T + 0.53R + 0.35R_{ann} - 10.9°$$
$$(T - T_d) = 16.342$$

Reemplazando en la ecuación de evaporación

$$E_0 = \frac{700T_m / (100 - A) + 15(T - T_d)}{(80 - T)} (mm / dia)$$
$$E_0 = 8.115 mm / dia$$

Por lo que, para el día 02 de enero del 2023 se tiene una evaporación de 8.155 mm/día, este cálculo se repetirá para los 365 días del año

Tabla 19.

Cálculo de la evaporación correspondiente al mes de enero del 2023

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		Temperatura media (T)	Rango	Rann	Tm	h	A	T-Td	E0
	MAX	MIN		R						(mm/dia)
01/01/2023										
02/01/2023	26.3	1.4	13.85	24.9	1.436	35.81	3660	14.05	16.342012	8.115
03/01/2023	25.9	3.6	14.75	22.3	1.436	36.71	3660	14.05	15.297012	8.099
04/01/2023	28	4	16	24	1.436	37.96	3660	14.05	16.660512	8.735
05/01/2023	26.1	2.4	14.25	23.7	1.436	36.21	3660	14.05	15.854012	8.102
06/01/2023	27.3	4.5	15.9	22.8	1.436	37.86	3660	14.05	15.987512	8.552
07/01/2023	27.4	3	15.2	24.4	1.436	37.16	3660	14.05	16.576512	8.508
08/01/2023										
09/01/2023	29.6	2.4	16	27.2	1.436	37.96	3660	14.05	18.356512	9.133
10/01/2023	30.4	3.8	17.1	26.6	1.436	39.06	3660	14.05	18.445512	9.456
11/01/2023	30.2	4	17.1	26.2	1.436	39.06	3660	14.05	18.233512	9.406

12/01/2023	29.3	2	15.65	27.3	1.436	37.61	3660	14.05	18.280012	9.021
13/01/2023	29.6	3.1	16.35	26.5	1.436	38.31	3660	14.05	18.115012	9.171
14/01/2023	30	2.6	16.3	27.4	1.436	38.26	3660	14.05	18.573512	9.265
15/01/2023										
16/01/2023	28.2	4.8	16.5	23.4	1.436	38.46	3660	14.05	16.527512	8.837
17/01/2023	29.2	2.6	15.9	26.6	1.436	37.86	3660	14.05	18.001512	9.023
18/01/2023	29.6	3	16.3	26.6	1.436	38.26	3660	14.05	18.149512	9.166
19/01/2023	30	3.1	16.55	26.9	1.436	38.51	3660	14.05	18.401012	9.293
20/01/2023	29.8	4.1	16.95	25.7	1.436	38.91	3660	14.05	17.913012	9.288
21/01/2023	30	3.6	16.8	26.4	1.436	38.76	3660	14.05	18.228512	9.321
22/01/2023										
23/01/2023	27.3	2	14.65	25.3	1.436	36.61	3660	14.05	16.850012	8.43
24/01/2023	28.6	1.8	15.2	26.8	1.436	37.16	3660	14.05	17.848512	8.802
25/01/2023	27.6	3.1	15.35	24.5	1.436	37.31	3660	14.05	16.685012	8.571
26/01/2023	28.4	4.1	16.25	24.3	1.436	38.21	3660	14.05	16.912012	8.861
27/01/2023	27	3	15	24	1.436	36.96	3660	14.05	16.290512	8.39
28/01/2023	25.6	5.6	15.6	20	1.436	37.56	3660	14.05	14.392512	8.102
29/01/2023										
30/01/2023	25.3	3.1	14.2	22.2	1.436	36.16	3660	14.05	15.040512	7.904
31/01/2023	26.3	4.6	15.45	21.7	1.436	37.41	3660	14.05	15.238012	8.261

Nota. De la tabla anterior se determina para el mes de enero una temperatura promedio mensual de 15.73°C y una evaporación promedio de 8.762 mm/día.

Tabla 20.

Cálculo de la evaporación correspondiente al mes de febrero del 2023

TEMPERATURA (°C)			Rango	Rann	Tm	h	A	T-Td	E0

AÑO / MES / DÍA	MAX	MIN	Temperatura media (T)	R						(mm/dia)
01/02/2023	25.6	4.1	14.85	21.5	1.436	36.81	3660	14.05	14.910012	8.034
02/02/2023	27.3	5.1	16.2	22.2	1.436	38.16	3660	14.05	15.780512	8.581
03/02/2023	23.8	3.2	13.5	20.6	1.436	35.46	3660	14.05	13.933512	7.486
04/02/2023	24	3.2	13.6	20.8	1.436	35.56	3660	14.05	14.076512	7.542
05/02/2023										
06/02/2023	23.6	4.8	14.2	18.8	1.436	36.16	3660	14.05	13.238512	7.494
07/02/2023	26.2	2.6	14.4	23.6	1.436	36.36	3660	14.05	15.856512	8.14
08/02/2023	24.1	5.4	14.75	18.7	1.436	36.71	3660	14.05	13.389012	7.66
09/02/2023	27.3	4.3	15.8	23	1.436	37.76	3660	14.05	16.056512	8.542
10/02/2023	24.2	3	13.6	21.2	1.436	35.56	3660	14.05	14.288512	7.589
11/02/2023	20.2	6.3	13.25	13.9	1.436	35.21	3660	14.05	10.290012	6.608
12/02/2023										
13/02/2023	24.2	5.3	14.75	18.9	1.436	36.71	3660	14.05	13.495012	7.684
14/02/2023	24.6	3	13.8	21.6	1.436	35.76	3660	14.05	14.574512	7.702
15/02/2023	26.4	4.6	15.5	21.8	1.436	37.46	3660	14.05	15.309512	8.29
16/02/2023	25.3	4.3	14.8	21	1.436	36.76	3660	14.05	14.626512	7.957
17/02/2023	27.4	3.2	15.3	24.2	1.436	37.26	3660	14.05	16.507512	8.517
18/02/2023	25.3	2.6	13.95	22.7	1.436	35.91	3660	14.05	15.213012	7.883
19/02/2023										
20/02/2023	26.4	4.3	15.35	22.1	1.436	37.31	3660	14.05	15.413012	8.276
21/02/2023	25.6	3.2	14.4	22.4	1.436	36.36	3660	14.05	15.220512	7.994
22/02/2023	27.4	4	15.7	23.4	1.436	37.66	3660	14.05	16.231512	8.557
23/02/2023	26.3	5.2	15.75	21.1	1.436	37.71	3660	14.05	15.031012	8.289
24/02/2023	26.3	2.1	14.2	24.2	1.436	36.16	3660	14.05	16.100512	8.146
25/02/2023	25.3	4.2	14.75	21.1	1.436	36.71	3660	14.05	14.661012	7.952

26/02/2023										
27/02/2023	22.6	4.4	13.5	18.2	1.436	35.46	3660	14.05	12.661512	7.199
28/02/2023	28.1	3.6	15.85	24.5	1.436	37.81	3660	14.05	16.870012	8.745

Nota. De la tabla anterior se determina para el mes de febrero una temperatura promedio mensual de 14.65°C y una evaporación promedio de 7.953 mm/día

Tabla 21.

Cálculo de la evaporación correspondiente al mes de marzo del 2023

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		Temperatura media (T)	Rango	Ran n	Tm	h	A	T-Td	E0
	MAX	MIN		R						(mm/dia)
01/03/2023	25.1	2.4	13.75	22.7	1.436	35.71	3660	14.05	15.139012	7.818
02/03/2023	23.6	4	13.8	19.6	1.436	35.76	3660	14.05	13.514512	7.462
03/03/2023	24.6	4.3	14.45	20.3	1.436	36.41	3660	14.05	14.126012	7.756
04/03/2023	26.1	2.1	14.1	24	1.436	36.06	3660	14.05	15.957512	8.089
05/03/2023										
06/03/2023	23.6	3.6	13.6	20	1.436	35.56	3660	14.05	13.652512	7.446
07/03/2023	26.1	3.4	14.75	22.7	1.436	36.71	3660	14.05	15.509012	8.147
08/03/2023	24.3	4.2	14.25	20.1	1.436	36.21	3660	14.05	13.946012	7.667
09/03/2023	25.3	4.1	14.7	21.2	1.436	36.66	3660	14.05	14.695512	7.948
10/03/2023	22.6	3	12.8	19.6	1.436	34.76	3660	14.05	13.144512	7.147
11/03/2023	25.3	4.6	14.95	20.7	1.436	36.91	3660	14.05	14.523012	7.97
12/03/2023										
13/03/2023	26.4	4.1	15.25	22.3	1.436	37.21	3660	14.05	15.482012	8.267
14/03/2023	21.7	4.1	12.9	17.6	1.436	34.86	3660	14.05	12.121512	6.941
15/03/2023	25.3	3	14.15	22.3	1.436	36.11	3660	14.05	15.075012	7.9
16/03/2023	24.2	4.8	14.5	19.4	1.436	36.46	3660	14.05	13.667512	7.663

17/03/2023	24.1	4.3	14.2	19.8	1.436	36.16	3660	14.05	13.768512	7.614
18/03/2023	18.8	2	10.4	16.8	1.436	32.36	3660	14.05	10.772512	6.108
19/03/2023										
20/03/2023	27.6	2.4	15	25.2	1.436	36.96	3660	14.05	16.926512	8.537
21/03/2023	25.4	5.1	15.25	20.3	1.436	37.21	3660	14.05	14.422012	8.021
22/03/2023	29.4	3	16.2	26.4	1.436	38.16	3660	14.05	18.006512	9.105
23/03/2023	28.1	2.6	15.35	25.5	1.436	37.31	3660	14.05	17.215012	8.694
24/03/2023	22.6	3.4	13	19.2	1.436	34.96	3660	14.05	13.006512	7.162
25/03/2023	23.6	4.4	14	19.2	1.436	35.96	3660	14.05	13.376512	7.478
26/03/2023										
27/03/2023	23.8	2.7	13.25	21.1	1.436	35.21	3660	14.05	14.106012	7.466
28/03/2023	24.7	4.2	14.45	20.5	1.436	36.41	3660	14.05	14.232012	7.781
29/03/2023	21.6	2	11.8	19.6	1.436	33.76	3660	14.05	12.774512	6.841
30/03/2023	24.6	3.2	13.9	21.4	1.436	35.86	3660	14.05	14.505512	7.71
31/03/2023	25.7	3.4	14.55	22.3	1.436	36.51	3660	14.05	15.223012	8.032

Nota. De la tabla anterior se determina para el mes de marzo una temperatura promedio mensual de 14.04°C y una evaporación promedio de 7.732 mm/día

Tabla 22.

Cálculo de la evaporación correspondiente al mes de abril del 2023

AÑO / MES / DÍA	**TEMPERATURA (°C)**		**Temperatura media (T)**	**Rango**	**Rann**	**Tm**	**h**	**A**	**T-Td**	**E0**
	MAX	**MIN**		**R**						**(mm/dia)**
01/04/2023	23.6	5.3	14.45	18.3	1.436	36.41	3660	14.05	13.066012	7.514
02/04/2023										
03/04/2023	26.4	2.7	14.55	23.7	1.436	36.51	3660	14.05	15.965012	8.202
04/04/2023	22.4	3.6	13	18.8	1.436	34.96	3660	14.05	12.794512	7.114

05/04/2023	28.1	5.4	16.75	22.7	1.436	38.71	3660	14.05	16.249012	8.838
06/04/2023	29.6	2	15.8	27.6	1.436	37.76	3660	14.05	18.494512	9.111
07/04/2023	26.9	1	13.95	25.9	1.436	35.91	3660	14.05	16.909012	8.268
08/04/2023	25.4	2.1	13.75	23.3	1.436	35.71	3660	14.05	15.457012	7.89
09/04/2023										
10/04/2023	29.4	3.4	16.4	26	1.436	38.36	3660	14.05	17.868512	9.126
11/04/2023	28.2	4.1	16.15	24.1	1.436	38.11	3660	14.05	16.769012	8.801
12/04/2023	27.6	2.2	14.9	25.4	1.436	36.86	3660	14.05	16.995512	8.527
13/04/2023	29.4	4.1	16.75	25.3	1.436	38.71	3660	14.05	17.627012	9.165
14/04/2023	26.4	3.6	15	22.8	1.436	36.96	3660	14.05	15.654512	8.244
15/04/2023	29.8	3.1	16.45	26.7	1.436	38.41	3660	14.05	18.258012	9.232
16/04/2023										
17/04/2023	26.4	3.8	15.1	22.6	1.436	37.06	3660	14.05	15.585512	8.253
18/04/2023	28.7	2	15.35	26.7	1.436	37.31	3660	14.05	17.851012	8.842
19/04/2023	28.4	1.4	14.9	27	1.436	36.86	3660	14.05	17.843512	8.723
20/04/2023	29.3	4.1	16.7	25.2	1.436	38.66	3660	14.05	17.555512	9.134
21/04/2023	29.4	3.4	16.4	26	1.436	38.36	3660	14.05	17.868512	9.126
22/04/2023	28.6	2.8	15.7	25.8	1.436	37.66	3660	14.05	17.503512	8.853
23/04/2023										
24/04/2023	30.1	1.4	15.75	28.7	1.436	37.71	3660	14.05	19.059012	9.23
25/04/2023	29.2	3.2	16.2	26	1.436	38.16	3660	14.05	17.794512	9.055
26/04/2023	29.2	3	16.1	26.2	1.436	38.06	3660	14.05	17.863512	9.044
27/04/2023	29.4	4.2	16.8	25.2	1.436	38.76	3660	14.05	17.592512	9.17
28/04/2023	28.2	4.6	16.4	23.6	1.436	38.36	3660	14.05	16.596512	8.826
29/04/2023	28.2	3.1	15.65	25.1	1.436	37.61	3660	14.05	17.114012	8.749
30/04/2023										

Nota. De la tabla anterior, se determina para el mes de abril una temperatura promedio mensual de 15.55°C y una evaporación promedio de 8.681 mm/día

Tabla 23.

Cálculo de la evaporación correspondiente al mes de mayo del 2023

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		Temperatura media (T)	Rango R	Ran n	Tm	h	A	T-Td	E0 (mm/dia)
	MAX	MIN								
01/05/2023	27.4	2.6	15	24.8	1.436	36.96	3660	14.05	16.714512	8.488
02/05/2023	28.8	1	14.9	27.8	1.436	36.86	3660	14.05	18.267512	8.82
03/05/2023	27.4	4.4	15.9	23	1.436	37.86	3660	14.05	16.093512	8.576
04/05/2023	30.2	3	16.6	27.2	1.436	38.56	3660	14.05	18.578512	9.349
05/05/2023	25.4	4	14.7	21.4	1.436	36.66	3660	14.05	14.801512	7.972
06/05/2023	25.2	3.6	14.4	21.6	1.436	36.36	3660	14.05	14.796512	7.897
07/05/2023										
08/05/2023	24.7	2.4	13.55	22.3	1.436	35.51	3660	14.05	14.853012	7.705
09/05/2023	25.6	1.1	13.35	24.5	1.436	35.31	3660	14.05	15.945012	7.903
10/05/2023	27.6	3.1	15.35	24.5	1.436	37.31	3660	14.05	16.685012	8.571
11/05/2023	27.2	2	14.6	25.2	1.436	36.56	3660	14.05	16.778512	8.401
12/05/2023	23.6	1.4	12.5	22.2	1.436	34.46	3660	14.05	14.411512	7.36
13/05/2023	25.4	2.6	14	22.8	1.436	35.96	3660	14.05	15.284512	7.911
14/05/2023										
15/05/2023	27.2	-2.4	12.4	29.6	1.436	34.36	3660	14.05	18.296512	8.199
16/05/2023	28.4	1	14.7	27.4	1.436	36.66	3660	14.05	17.981512	8.703
17/05/2023	29	3.1	16.05	25.9	1.436	38.01	3660	14.05	17.686012	8.989
18/05/2023	25.8	-1.6	12.1	27.4	1.436	34.06	3660	14.05	17.019512	7.845
19/05/2023	29.2	2.2	15.7	27	1.436	37.66	3660	14.05	18.139512	9.002
20/05/2023	26.3	2.6	14.45	23.7	1.436	36.41	3660	14.05	15.928012	8.169

21/05/2023										
22/05/2023	27.4	2.4	14.9	25	1.436	36.86	3660	14.05	16.783512	8.479
23/05/2023	28.6	3.2	15.9	25.4	1.436	37.86	3660	14.05	17.365512	8.874
24/05/2023	28.6	1.8	15.2	26.8	1.436	37.16	3660	14.05	17.848512	8.802
25/05/2023	26.7	2.4	14.55	24.3	1.436	36.51	3660	14.05	16.283012	8.275
26/05/2023	25.3	3.1	14.2	22.2	1.436	36.16	3660	14.05	15.040512	7.904
27/05/2023	25.3	2.4	13.85	22.9	1.436	35.81	3660	14.05	15.282012	7.874
28/05/2023										
29/05/2023	27.9	2.4	15.15	25.5	1.436	37.11	3660	14.05	17.141012	8.625
30/05/2023	28.4	-1.8	13.3	30.2	1.436	35.26	3660	14.05	18.947512	8.566
31/05/2023	29.7	2.4	16.05	27.3	1.436	38.01	3660	14.05	18.428012	9.163

Nota. De la tabla anterior se determina para el mes de mayo una temperatura promedio mensual de 14.56°C y una evaporación promedio de 8.386mm/día.

Tabla 24.

Cálculo de la evaporación correspondiente al mes de junio del 2023

AÑO / MES / DÍA	**TEMPERATURA (°C)**		**Temperatura media (T)**	**Rango**	**Rann**	**Tm**	**h**	**A**	**T-Td**	**E0**
	MAX	**MIN**		**R**						**(mm/dia)**
01/06/2023	30.2	1.6	15.9	28.6	1.436	37.86	3660	14.05	19.061512	9.271
02/06/2023	29.8	-2.2	13.8	32	1.436	35.76	3660	14.05	20.086512	8.951
03/06/2023	30.4	-2	14.2	32.4	1.436	36.16	3660	14.05	20.446512	9.137
04/06/2023										
05/06/2023	29.6	-2.6	13.5	32.2	1.436	35.46	3660	14.05	20.081512	8.872
06/06/2023	30.2	-1.3	14.45	31.5	1.436	36.41	3660	14.05	20.062012	9.115
07/06/2023	29.8	1.4	15.6	28.4	1.436	37.56	3660	14.05	18.844512	9.139
08/06/2023	27.6	-2.7	12.45	30.3	1.436	34.41	3660	14.05	18.686012	8.298

09/06/2023	30.8	-1.6	14.6	32.4	1.436	36.56	3660	14.05	20.594512	9.276
10/06/2023	29.2	-3.4	12.9	32.6	1.436	34.86	3660	14.05	20.071512	8.718
11/06/2023										
12/06/2023	28.4	-1.8	13.3	30.2	1.436	35.26	3660	14.05	18.947512	8.566
13/06/2023	29.2	-3	13.1	32.2	1.436	35.06	3660	14.05	19.933512	8.738
14/06/2023	28.4	1.6	15	26.8	1.436	36.96	3660	14.05	17.774512	8.733
15/06/2023	29.4	-3.4	13	32.8	1.436	34.96	3660	14.05	20.214512	8.775
16/06/2023	30.1	-2.8	13.65	32.9	1.436	35.61	3660	14.05	20.508012	9.007
17/06/2023	28.6	-3.4	12.6	32	1.436	34.56	3660	14.05	19.642512	8.548
18/06/2023										
19/06/2023	27.4	-2.4	12.5	29.8	1.436	34.46	3660	14.05	18.439512	8.255
20/06/2023	27.4	-2.8	12.3	30.2	1.436	34.26	3660	14.05	18.577512	8.238
21/06/2023	25.6	-3.6	11	29.2	1.436	32.96	3660	14.05	17.566512	7.709
22/06/2023	27.4	-3	12.2	30.4	1.436	34.16	3660	14.05	18.646512	8.229
23/06/2023	28.2	-3.2	12.5	31.4	1.436	34.46	3660	14.05	19.287512	8.444
24/06/2023	30	-4	13	34	1.436	34.96	3660	14.05	20.850512	8.918
25/06/2023										
26/06/2023	29.5	-3.1	13.2	32.6	1.436	35.16	3660	14.05	20.182512	8.819
27/06/2023	29.7	-2.3	13.7	32	1.436	35.66	3660	14.05	20.049512	8.917
28/06/2023	29.6	-3	13.3	32.6	1.436	35.26	3660	14.05	20.219512	8.852
29/06/2023	30.3	1.6	15.95	28.7	1.436	37.91	3660	14.05	19.133012	9.301
30/06/2023	29.3	2.7	16	26.6	1.436	37.96	3660	14.05	18.038512	9.058

Nota. De la tabla anterior se determina para el mes de junio una temperatura promedio mensual de 13.60°C y una evaporación promedio de 8.765mm/día

Tabla 25.

Cálculo de la evaporación correspondiente al mes de julio del 2023

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		Temperatura media (T)	Rango	Ran n	Tm	h	A	T-Td	E0
	MAX	MIN		R						(mm/dia)
01/07/2023	30.4	2.6	16.5	27.8	1.436	38.46	3660	14.05	18.859512	9.388
02/07/2023										
03/07/2023	28.6	-2.3	13.15	30.9	1.436	35.11	3660	14.05	19.263012	8.6
04/07/2023	30.2	2.8	16.5	27.4	1.436	38.46	3660	14.05	18.647512	9.338
05/07/2023	30.6	2.4	16.5	28.2	1.436	38.46	3660	14.05	19.071512	9.438
06/07/2023	28.3	1.6	14.95	26.7	1.436	36.91	3660	14.05	17.703012	8.703
07/07/2023	29.7	-2.4	13.65	32.1	1.436	35.61	3660	14.05	20.084012	8.911
08/07/2023	30.2	-3.8	13.2	34	1.436	35.16	3660	14.05	20.924512	8.985
09/07/2023										
10/07/2023	28.6	-2.3	13.15	30.9	1.436	35.11	3660	14.05	19.263012	8.6
11/07/2023	29.6	1.4	15.5	28.2	1.436	37.46	3660	14.05	18.701512	9.079
12/07/2023	30.6	2	16.3	28.6	1.436	38.26	3660	14.05	19.209512	9.415
13/07/2023	29.2	-2.6	13.3	31.8	1.436	35.26	3660	14.05	19.795512	8.757
14/07/2023	30.2	3	16.6	27.2	1.436	38.56	3660	14.05	18.578512	9.349
15/07/2023	29.8	1.6	15.7	28.2	1.436	37.66	3660	14.05	18.775512	9.15
16/07/2023										
17/07/2023	28.6	3.4	16	25.2	1.436	37.96	3660	14.05	17.296512	8.884
18/07/2023	28.6	2	15.3	26.6	1.436	37.26	3660	14.05	17.779512	8.812
19/07/2023	29.8	3.1	16.45	26.7	1.436	38.41	3660	14.05	18.258012	9.232
20/07/2023	28.5	2.3	15.4	26.2	1.436	37.36	3660	14.05	17.604512	8.798
21/07/2023	30.4	1.8	16.1	28.6	1.436	38.06	3660	14.05	19.135512	9.343
22/07/2023	30.1	-2.6	13.75	32.7	1.436	35.71	3660	14.05	20.439012	9.018
23/07/2023										
24/07/2023	29.4	2.4	15.9	27	1.436	37.86	3660	14.05	18.213512	9.072
25/07/2023	30.2	-2.4	13.9	32.6	1.436	35.86	3660	14.05	20.441512	9.057

26/07/2023	29.6	-3.6	13	33.2	1.436	34.96	3660	14.05	20.426512	8.823
27/07/2023	30.4	-2.3	14.05	32.7	1.436	36.01	3660	14.05	20.550012	9.121
28/07/2023	27.6	2.4	15	25.2	1.436	36.96	3660	14.05	16.926512	8.537
29/07/2023	26.8	2.8	14.8	24	1.436	36.76	3660	14.05	16.216512	8.323
30/07/2023										
31/07/2023	27.4	2.6	15	24.8	1.436	36.96	3660	14.05	16.714512	8.488

Nota. De la tabla anterior se determina para el mes de julio una temperatura promedio mensual de 14.986°C y una evaporación promedio de 8.970mm/día

Tabla 26.

Cálculo de la evaporación correspondiente al mes de agosto del 2023

AÑO / MES / DÍA	**TEMPERATURA (°C)**		**Temperatura media (T)**	**Rango**	**Ran n**	**Tm**	**h**	**A**	**T-Td**	**E0**
	MAX	**MIN**		**R**						**(mm/dia)**
01/08/2023	27.6	1.3	14.45	26.3	1.436	36.41	3660	14.05	17.306012	8.484
02/08/2023	30.1	-2.6	13.75	32.7	1.436	35.71	3660	14.05	20.439012	9.018
03/08/2023	27.2	-3.4	11.9	30.6	1.436	33.86	3660	14.05	18.641512	8.155
04/08/2023	26.4	1	13.7	25.4	1.436	35.66	3660	14.05	16.551512	8.125
05/08/2023	27.3	-3.3	12	30.6	1.436	33.96	3660	14.05	18.678512	8.188
06/08/2023										
07/08/2023	28.2	-2.4	12.9	30.6	1.436	34.86	3660	14.05	19.011512	8.481
08/08/2023	27.2	1.8	14.5	25.4	1.436	36.46	3660	14.05	16.847512	8.392
09/08/2023	27.3	2.4	14.85	24.9	1.436	36.81	3660	14.05	16.712012	8.449

10/08/2023	29.7	-2.6	13.55	32.3	1.436	35.51	3660	14.05	20.153012	8.901
11/08/2023	29.6	-3.6	13	33.2	1.436	34.96	3660	14.05	20.426512	8.823
12/08/2023	27.6	-2.3	12.65	29.9	1.436	34.61	3660	14.05	18.548012	8.316
13/08/2023										
14/08/2023	28.3	-2.4	12.95	30.7	1.436	34.91	3660	14.05	19.083012	8.509
15/08/2023	29.6	-3.4	13.1	33	1.436	35.06	3660	14.05	20.357512	8.833
16/08/2023	30.2	-2.2	14	32.4	1.436	35.96	3660	14.05	20.372512	9.068
17/08/2023	30.2	-2.4	13.9	32.6	1.436	35.86	3660	14.05	20.441512	9.057
18/08/2023	29.3	2.6	15.95	26.7	1.436	37.91	3660	14.05	18.073012	9.053
19/08/2023	30.8	1.8	16.3	29	1.436	38.26	3660	14.05	19.421512	9.465
20/08/2023										
21/08/2023	30.6	-2.6	14	33.2	1.436	35.96	3660	14.05	20.796512	9.164
22/08/2023	30.2	1.4	15.8	28.8	1.436	37.76	3660	14.05	19.130512	9.26
23/08/2023	29.1	2	15.55	27.1	1.436	37.51	3660	14.05	18.137012	8.961
24/08/2023	30.2	2.4	16.3	27.8	1.436	38.26	3660	14.05	18.785512	9.315
25/08/2023	28.6	1.4	15	27.2	1.436	36.96	3660	14.05	17.986512	8.782
26/08/2023	30.4	-2	14.2	32.4	1.436	36.16	3660	14.05	20.446512	9.137
27/08/2023										
28/08/2023	28.6	-2.6	13	31.2	1.436	34.96	3660	14.05	19.366512	8.585
29/08/2023	29.4	2.4	15.9	27	1.436	37.86	3660	14.05	18.213512	9.072
30/08/2023	28.6	1.4	15	27.2	1.436	36.96	3660	14.05	17.986512	8.782
31/08/2023	28.6	2.6	15.6	26	1.436	37.56	3660	14.05	17.572512	8.843

Nota. De la tabla anterior se determina para el mes de agosto una temperatura promedio mensual de 14.214°C y una evaporación promedio de 8.786mm/día

Tabla 27.

Cálculo de la evaporación correspondiente al mes de setiembre del 2023

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		Temperatura media (T)	Rango	Ran n	Tm	h	A	T-Td	E0
	MAX	MIN		R						(mm/dia)
01/09/2023	29.4	2.9	16.15	26.5	1.436	38.11	3660	14.05	18.041012	9.099
02/09/2023	21.6	1.6	11.6	20	1.436	33.56	3660	14.05	12.912512	6.828
03/09/2023										
04/09/2023	30.2	-2.4	13.9	32.6	1.436	35.86	3660	14.05	20.441512	9.057
05/09/2023	26.4	2.8	14.6	23.6	1.436	36.56	3660	14.05	15.930512	8.207
06/09/2023	27.6	1.4	14.5	26.2	1.436	36.46	3660	14.05	17.271512	8.489
07/09/2023	28.4	2.1	15.25	26.3	1.436	37.21	3660	14.05	17.602012	8.758
08/09/2023	29.6	2.8	16.2	26.8	1.436	38.16	3660	14.05	18.218512	9.155
09/09/2023	28.8	1.2	15	27.6	1.436	36.96	3660	14.05	18.198512	8.831
10/09/2023										
11/09/2023	30.2	2.3	16.25	27.9	1.436	38.21	3660	14.05	18.820012	9.31
12/09/2023	27.6	1.3	14.45	26.3	1.436	36.41	3660	14.05	17.306012	8.484
13/09/2023	29.4	2	15.7	27.4	1.436	37.66	3660	14.05	18.351512	9.051
14/09/2023	28.2	1.3	14.75	26.9	1.436	36.71	3660	14.05	17.735012	8.659
15/09/2023	28.3	2.8	15.55	25.5	1.436	37.51	3660	14.05	17.289012	8.764
16/09/2023	27.3	1.3	14.3	26	1.436	36.26	3660	14.05	17.091512	8.397
17/09/2023										
18/09/2023	27.8	1.6	14.7	26.2	1.436	36.66	3660	14.05	17.345512	8.557
19/09/2023	29.3	2.2	15.75	27.1	1.436	37.71	3660	14.05	18.211012	9.032
20/09/2023	28.1	1.7	14.9	26.4	1.436	36.86	3660	14.05	17.525512	8.649
21/09/2023	27.2	2.4	14.8	24.8	1.436	36.76	3660	14.05	16.640512	8.42
22/09/2023	31.2	2.1	16.65	29.1	1.436	38.61	3660	14.05	19.604012	9.606
23/09/2023	29.6	1.8	15.7	27.8	1.436	37.66	3660	14.05	18.563512	9.101
24/09/2023										
25/09/2023	28	8.7	18.35	19.3	1.436	40.31	3660	14.05	15.039012	8.984

26/09/2023	30.4	6.4	18.4	24	1.436	40.36	3660	14.05	17.548512	9.609
27/09/2023	27.2	5	16.1	22.2	1.436	38.06	3660	14.05	15.743512	8.547
28/09/2023	28.1	4.1	16.1	24	1.436	38.06	3660	14.05	16.697512	8.77
29/09/2023	27.6	2	14.8	25.6	1.436	36.76	3660	14.05	17.064512	8.518
30/09/2023	28.1	4.2	16.15	23.9	1.436	38.11	3660	14.05	16.663012	8.776

Nota. De la tabla anterior se determina para el mes de setiembre una temperatura promedio mensual de 15.40°C y una evaporación promedio de 8.756mm/día

Tabla 28.

Cálculo de la evaporación correspondiente al mes de octubre del 2023

AÑO / MES / DÍA	**TEMPERATURA (°C)**		**Temperatura media (T)**	**Rango**	**Ran n**	**Tm**	**h**	**A**	**T-Td**	**E0**
	MAX	**MIN**		**R**						**(mm/dia)**
01/10/2023										
02/10/2023	29.3	4	16.65	25.3	1.436	38.61	3660	14.05	17.590012	9.129
03/10/2023	27.4	3.2	15.3	24.2	1.436	37.26	3660	14.05	16.507512	8.517
04/10/2023	30.4	8.6	19.5	21.8	1.436	41.46	3660	14.05	16.789512	9.744
05/10/2023	31.4	6.2	18.8	25.2	1.436	40.76	3660	14.05	18.332512	9.917
06/10/2023	30.6	4.2	17.4	26.4	1.436	39.36	3660	14.05	18.450512	9.542
07/10/2023	31.2	3.2	17.2	28	1.436	39.16	3660	14.05	19.224512	9.67
08/10/2023										
09/10/2023	27.6	5.6	16.6	22	1.436	38.56	3660	14.05	15.822512	8.697
10/10/2023	28.8	2.8	15.8	26	1.436	37.76	3660	14.05	17.646512	8.913

11/10/2023	29.6	4.6	17.1	25	1.436	39.06	3660	14.05	17.597512	9.254
12/10/2023	30.2	3.2	16.7	27	1.436	38.66	3660	14.05	18.509512	9.36
13/10/2023	27.6	4	15.8	23.6	1.436	37.76	3660	14.05	16.374512	8.616
14/10/2023	28.6	2.6	15.6	26	1.436	37.56	3660	14.05	17.572512	8.843
15/10/2023										
16/10/2023	30.2	4.2	17.2	26	1.436	39.16	3660	14.05	18.164512	9.417
17/10/2023	29.4	3.2	16.3	26.2	1.436	38.26	3660	14.05	17.937512	9.116
18/10/2023	28.6	2.1	15.35	26.5	1.436	37.31	3660	14.05	17.745012	8.817
19/10/2023	27.4	3.8	15.6	23.6	1.436	37.56	3660	14.05	16.300512	8.547
20/10/2023	26	4	15	22	1.436	36.96	3660	14.05	15.230512	8.146
21/10/2023	28.1	3.9	16	24.2	1.436	37.96	3660	14.05	16.766512	8.76
22/10/2023										
23/10/2023	28.6	5.4	17	23.2	1.436	38.96	3660	14.05	16.606512	8.99
24/10/2023	27.4	3	15.2	24.4	1.436	37.16	3660	14.05	16.576512	8.508
25/10/2023	28.4	4.1	16.25	24.3	1.436	38.21	3660	14.05	16.912012	8.861
26/10/2023	30.2	4.4	17.3	25.8	1.436	39.26	3660	14.05	18.095512	9.429
27/10/2023	29.4	2	15.7	27.4	1.436	37.66	3660	14.05	18.351512	9.051
28/10/2023	30.2	4	17.1	26.2	1.436	39.06	3660	14.05	18.233512	9.406
29/10/2023										
30/10/2023	30.6	3.4	17	27.2	1.436	38.96	3660	14.05	18.726512	9.495
31/10/2023	29.6	4.7	17.15	24.9	1.436	39.11	3660	14.05	17.563012	9.26

Nota. De la tabla anterior se determina para el mes de octubre una temperatura promedio mensual de 16.56°C y una evaporación promedio de 9.077mm/día

Tabla 29.

Cálculo de la evaporación correspondiente al mes de noviembre del 2023

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		Temperatura media (T)	Rango	Ran n	Tm	h	A	T-Td	E0
	MAX	MIN		R						(mm/dia)
01/11/2023	28.4	2.6	15.5	25.8	1.436	37.46	3660	14.05	17.429512	8.783
02/11/2023	30.2	4.8	17.5	25.4	1.436	39.46	3660	14.05	17.957512	9.452
03/11/2023	29.4	2.8	16.1	26.6	1.436	38.06	3660	14.05	18.075512	9.094
04/11/2023	27.6	3	15.3	24.6	1.436	37.26	3660	14.05	16.719512	8.566
05/11/2023										
06/11/2023	24.8	1.4	13.1	23.4	1.436	35.06	3660	14.05	15.269512	7.692
07/11/2023	27.4	2.4	14.9	25	1.436	36.86	3660	14.05	16.783512	8.479
08/11/2023	28.6	-2.1	13.25	30.7	1.436	35.21	3660	14.05	19.194012	8.609
09/11/2023	27	1.2	14.1	25.8	1.436	36.06	3660	14.05	16.911512	8.306
10/11/2023	27.3	2.7	15	24.6	1.436	36.96	3660	14.05	16.608512	8.464
11/11/2023	28.6	3.4	16	25.2	1.436	37.96	3660	14.05	17.296512	8.884
12/11/2023										
13/11/2023	29.4	3	16.2	26.4	1.436	38.16	3660	14.05	18.006512	9.105
14/11/2023	29.3	3.6	16.45	25.7	1.436	38.41	3660	14.05	17.728012	9.107
15/11/2023	27.8	3.8	15.8	24	1.436	37.76	3660	14.05	16.586512	8.666
16/11/2023	23.4	2.4	12.9	21	1.436	34.86	3660	14.05	13.923512	7.344
17/11/2023	23.4	4.6	14	18.8	1.436	35.96	3660	14.05	13.164512	7.429
18/11/2023	30	1.2	15.6	28.8	1.436	37.56	3660	14.05	19.056512	9.189
19/11/2023										
20/11/2023	29.4	3	16.2	26.4	1.436	38.16	3660	14.05	18.006512	9.105
21/11/2023	30.1	4.1	17.1	26	1.436	39.06	3660	14.05	18.127512	9.38
22/11/2023	29.6	4.2	16.9	25.4	1.436	38.86	3660	14.05	17.735512	9.232
23/11/2023	28.4	5.1	16.75	23.3	1.436	38.71	3660	14.05	16.567012	8.913
24/11/2023	27.6	5.1	16.35	22.5	1.436	38.31	3660	14.05	15.995012	8.671
25/11/2023	29.4	4.8	17.1	24.6	1.436	39.06	3660	14.05	17.385512	9.203

26/11/2023										
27/11/2023	20.2	5.6	12.9	14.6	1.436	34.86	3660	14.05	10.531512	6.585
28/11/2023	25.2	3.4	14.3	21.8	1.436	36.26	3660	14.05	14.865512	7.889
29/11/2023	27.8	3.4	15.6	24.4	1.436	37.56	3660	14.05	16.724512	8.645
30/11/2023	28.2	5.6	16.9	22.6	1.436	38.86	3660	14.05	16.251512	8.879

Nota. De la tabla anterior se determina para el mes de noviembre una temperatura promedio mensual de 15.45°C y una evaporación promedio de 8.603mm/día

Tabla 30.

Cálculo de la evaporación correspondiente al mes de diciembre del 2023

AÑO / MES / DÍA	**TEMPERATURA (°C)**		**Temperatura media (T)**	**Rango R**	**Rann**	**Tm**	**h**	**A**	**T-Td**	**E0 (mm/dia)**
	MAX	**MIN**								
30/11/2023	28.2	5.6	16.9	22.6	1.436	38.86	3660	14.05	16.251512	8.879
01/12/2023	25.1	6.4	15.75	18.7	1.436	37.71	3660	14.05	13.759012	7.992
02/12/2023	26.3	3.8	15.05	22.5	1.436	37.01	3660	14.05	15.514012	8.224
03/12/2023										
04/12/2023	29.8	4.8	17.3	25	1.436	39.26	3660	14.05	17.671512	9.327
05/12/2023	30.2	2.7	16.45	27.5	1.436	38.41	3660	14.05	18.682012	9.332
06/12/2023	28.8	2	15.4	26.8	1.436	37.36	3660	14.05	17.922512	8.872
07/12/2023	27.2	3.1	15.15	24.1	1.436	37.11	3660	14.05	16.399012	8.454
08/12/2023	28.6	3.6	16.1	25	1.436	38.06	3660	14.05	17.227512	8.895
09/12/2023	27.6	2.4	15	25.2	1.436	36.96	3660	14.05	16.926512	8.537
10/12/2023										

11/12/2023	27.4	4	15.7	23.4	1.436	37.66	3660	14.05	16.231512	8.557
12/12/2023	27.3	3.6	15.45	23.7	1.436	37.41	3660	14.05	16.298012	8.507
13/12/2023	29.6	3	16.3	26.6	1.436	38.26	3660	14.05	18.149512	9.166
14/12/2023	27.8	4.8	16.3	23	1.436	38.26	3660	14.05	16.241512	8.716
15/12/2023	28.4	3.6	16	24.8	1.436	37.96	3660	14.05	17.084512	8.835
16/12/2023	29.3	5.2	17.25	24.1	1.436	39.21	3660	14.05	17.176012	9.195
17/12/2023										
18/12/2023	30.2	3.1	16.65	27.1	1.436	38.61	3660	14.05	18.544012	9.355
19/12/2023	29.4	5.3	17.35	24.1	1.436	39.31	3660	14.05	17.213012	9.231
20/12/2023	28.8	4.1	16.45	24.7	1.436	38.41	3660	14.05	17.198012	8.982
21/12/2023	29.4	3.4	16.4	26	1.436	38.36	3660	14.05	17.868512	9.126
22/12/2023	30.4	5.2	17.8	25.2	1.436	39.76	3660	14.05	17.962512	9.538
23/12/2023	28.3	4.8	16.55	23.5	1.436	38.51	3660	14.05	16.599012	8.867
24/12/2023										
25/12/2023	29.6	2.4	16	27.2	1.436	37.96	3660	14.05	18.356512	9.133
26/12/2023	27.4	2.4	14.9	25	1.436	36.86	3660	14.05	16.783512	8.479
27/12/2023	27.2	2	14.6	25.2	1.436	36.56	3660	14.05	16.778512	8.401
28/12/2023	28.6	2.6	15.6	26	1.436	37.56	3660	14.05	17.572512	8.843
29/12/2023	27.9	1.6	14.75	26.3	1.436	36.71	3660	14.05	17.417012	8.586
30/12/2023	27.1	3.1	15.1	24	1.436	37.06	3660	14.05	16.327512	8.424
31/12/2023										

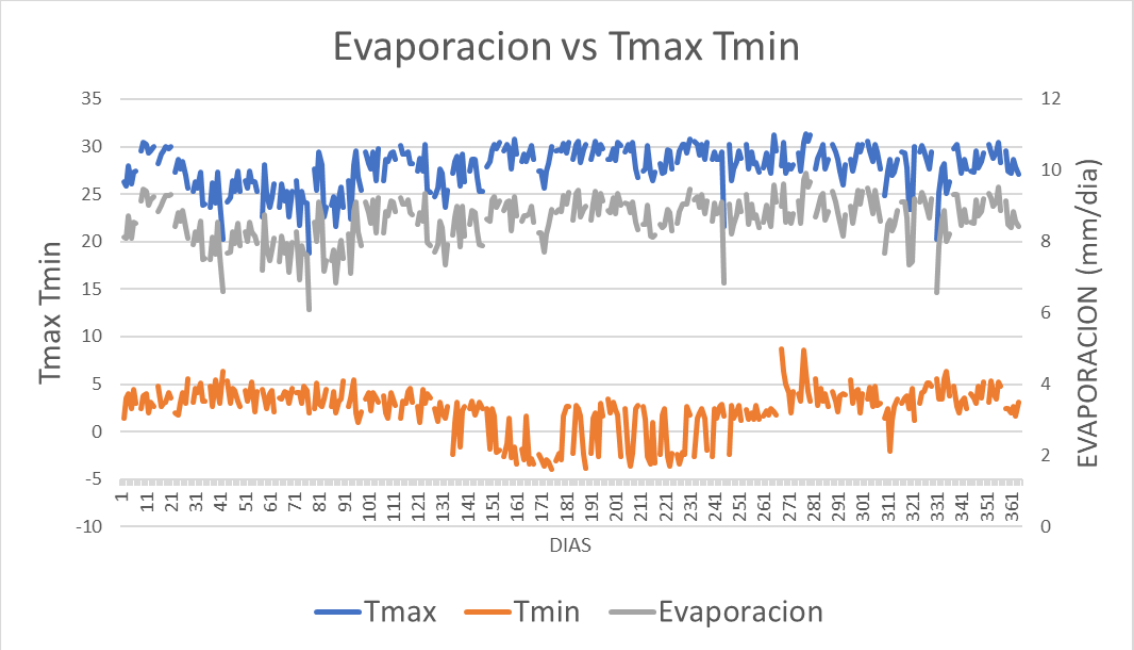
Nota. de la tabla anterior se determina para el mes de noviembre una temperatura promedio mensual de 15.97°C y una evaporación promedio de 8.83mm/día

Asimismo, en base a las tablas presentadas para el cálculo de evaporación para los 365 días del año, se pudo determinar que el mes que registra mayor temperatura

promedio es el mes de Octubre con 16.56°C y el mes que registra menor temperatura es Junio con 13.60°C; mientras que, para el cálculo de evaporación, el mes que registra mayor evaporación es el mes de Octubre con 9.077mm/día y menor evaporación el mes de marzo con 7.732 mm/día, por lo que se representa gráficamente los resultados obtenidos de evaporación

Figura 6.

Evaporación vs Temperatura



Nota. el cuadro anterior muestra la evaporación respeto a la temperatura

5.3.4. Análisis de variación de caudales considerando la infiltración y evaporación

En base a los cálculos realizados para el canal se estimaron las pérdidas del caudal por infiltración y perdidas por evaporación considerando las temperaturas diarias de los 365 días del año 2023 aplicando la fórmula de Penman.

Los resultados obtenidos para el cálculo de la evaporación presentados en las tablas anteriores se encuentran en mm/día, por lo que se procede a efectuar la conversión a caudal (m3/s), por lo que consideramos la siguiente fórmula para el cálculo de caudal de evaporación.

$$Q = T \times L \times E(\frac{m3}{s})$$

Donde:

Q: caudal por evaporación

T: espejo de agua (m)

L: longitud de canal (m)

E: evaporación (mm/día)

Por lo que se procede a estimar el calculo del caudal m3/s para el día 21/08/2023

Donde:

T = 0.30 m

L = 777.89 m

E = 9.164 mm/día

Reemplazando

$$Q = 0.30 \times 777.89 \times 9.164 \times \frac{0.001}{86400}$$
$$Q = 0.0000248(m3 / seg)$$
$$Q = 0.0248(lit / seg)$$

Entonces, mediante el cálculo de conversión de la evaporación de mm/día a m3/seg para el día 21/08/2023 se tiene un caudal de 0.0248 lit/seg, por lo que se procede

a estimar esta conversión para los 365 días del año teniendo como datos el espejo de canal, longitud total del canal y evaporación en mm/día

A continuación, se presenta los datos de caudales de ingreso, caudal de perdida por infiltración, evaporación y caudal final, conforme se a los cálculos realizados anteriormente

Tabla 31.

Perdida de caudales en canal con revestimiento en concreto

N°	Dia	Caudal (lit/seg)			
		ingreso	infiltración	evaporación	salida
1	21/08/2023	30.92	3.5952	0.0248	27.3
2	22/08/2023	32.2	4.075	0.025	28.1
3	23/08/2023	30.86	3.2558	0.0242	27.58
4	24/08/2023	32.66	4.0048	0.0252	28.63
5	25/08/2023	30.3	3.4163	0.0237	26.86

Nota. el cuadro muestra las pérdidas de caudal

Del cuadro anterior, se observa que el caudal de infiltración varia de 3.258 lit/seg a 4.075 lit/seg. Esta variabilidad está directamente vinculada al estado del canal. Durante el estudio de campo, se identificaron grietas profundas y juntas en mal estado en tramo de canal. Se aclara que, para calcular el caudal de infiltración, se partió de la diferencia entre el caudal de entrada y salida. Posteriormente, se procedió con la diferencia del caudal de evaporación para obtener el caudal por infiltración.

5.3.5. diagnóstico de la evaluación de las condiciones del canal

Durante el estudio de campo se observaron las condiciones del recubrimiento y las juntas del canal, de donde se observó los siguientes detalles.

Tabla 32.

Resumen de las condiciones del canal

Condición del canal	Cantidad
Grieta	6
Rotura	1
Junta	28

Nota. El cuadro anterior muestra las condiciones del canal

En el proceso de evaluación del tramo en estudio comprendido entre el Km 03+000.00 y el Km 03+777.89, se llevó a cabo un análisis detallado de las fisuras, grietas, roturas y juntas presentes en la estructura. Se identificaron las imperfecciones más significativas distribuidas a lo largo de dicho tramo, cada una manifestándose con condiciones particulares. Los resultados detallados de esta evaluación se presentan en la siguiente tabla, proporcionando una visión integral de las características observadas en cada uno de los elementos analizados.

Tabla 33.

Condición del revestimiento del canal

N°	Progresiva	tipo			Prof.	Espesor	Longitud	Observaciones
	km	Grieta	rotura	junta	(cm)	(cm)	(cm)	y/o carga
1	03+015.00			x	10	3.5	55	Presencia de arbustos
2	03+024.60			x	8.8	3.5	60	Presencia de derrumbe
3	03+038.50			x	9	3	75	Presencia de arbustos
4	03+052.50			x	12	4	76	Presencia de arbustos
5	03+075.00	x			10	3.5	46	Presencia de arbustos
6	03+095.50			x	9	4	88	Presencia de arbustos
7	03+106.00			x	8	3.5	75	Presencia de derrumbe
8	03+118.60	x			10	3.5	70	Presencia de arbustos
9	30+120.60			x	11	3	20	Presencia de arbustos
10	03+140.50			x	10	2	80	Presencia de arbustos
11	03+175.50			x	9	3	45	Presencia de arbustos

12	03+195.80			x	11	3	35	Presencia de arbustos
13	03+203.00			x	9	3.5	55	Presencia de derrumbe
14	03+215.20	x			8	3.5	50	Presencia de arbustos
15	03+230.00			x	9	3.5	70	Presencia de arbustos
16	03+240.50			x	11	3	50	Presencia de arbustos
17	03+273.70			x	10	3.5	43	Presencia de arbustos
18	03+292.40	x			12	3.5	60	Presencia de arbustos
19	03+339.60			x	11	4	64	Presencia de arbustos
20	03+363.50			x	8	2	65	Presencia de piedras
21	03+376.50			x	9	3	40	Presencia de arbustos
22	03+385.00		x		20	3	40	Presencia de arbustos
23	03+410.00			x	9	3	4030	Presencia de piedras
24	03+495.00			x	12	3.5	55	Presencia de arbustos
25	03+520.00			x	10	3	75	Presencia de arbustos
26	03+542.00			x	11	4	76	Presencia de arbustos
27	03+555.80			x	10	3.5	46	Presencia de derrumbe
28	03+573.00			x	9	3.5	70	Presencia de arbustos
29	03+595.00			x	8	3	20	Presencia de arbustos
30	03+610.50	x			10	2	80	Presencia de arbustos
31	03+634.60			x	15	3	45	Presencia de piedras
32	03+669.50			x	9	3	35	Presencia de arbustos
33	03+735.80			x	8	3.5	65	Presencia de arbustos
34	03+763.80	x			10	3.5	55	Presencia de arbustos
35	03+774.40			x	11	4	50	Presencia de arbustos

Nota. el cuadro anterior muestra las condiciones de revestimiento del canal

Se aclara que la condición del canal se relaciona directamente con la perdida de caudal por infiltración conforme se indica en los cuadros anteriores.

5.3.6. Nivel de eficiencia de conducción del canal

Con los cálculos efectuados y los resultados obtenidos se procedió a determinar la eficiencia de conducción del canal, para lo cual se detalló en el siguiente cuadro:

Tabla 34.

Eficiencia de conducción del canal

N°	Dia	Caudal (lit/seg)				eficiencia
		ingreso	infiltración	evaporación	salida	
1	21/08/2023	30.92	3.5952	0.0248	27.3	88.29%
2	22/08/2023	32.2	4.075	0.025	28.1	87.27%
3	23/08/2023	30.86	3.2558	0.0242	27.58	89.37%
4	24/08/2023	32.66	4.0048	0.0252	28.63	87.66%
5	25/08/2023	30.3	3.4163	0.0237	26.86	88.65%
	promedio =	**31.39**	**3.6694**	**0.0246**	**27.69**	**88.25%**

Nota. el cuadro anterior muestra la eficiencia del canal

La tabla anterior muestra la eficiencia de conducción para cada uno de los días en los cuales se llevaron a cabo los aforos. Dichos valores oscilan entre el 87.27% y el 89.37%. La variación observada en la eficiencia se debe a las pérdidas de caudal resultantes de procesos de infiltración y evaporación, propios del mal estado del canal y las condiciones climatológicas de la zona. La eficiencia de conducción promedio durante los días evaluados se sitúa en 88.25%. Cabe destacar que, según la FAO (19), la eficiencia de conducción en canales revestidos debe ser del 95%. La discrepancia entre la eficiencia actual y el estándar recomendado se atribuye principalmente a las pérdidas ocasionadas por la presencia de juntas mal selladas en el canal y la presencia de grietas.

5.3.7. Cálculo del Presupuesto para el Mantenimiento y Reparación

En el proceso de cálculo del presupuesto, se procedió con la elaboración del sustento de metrados, el cual es concordante con los datos obtenidos durante el diagnóstico de campo. A continuación, se procedió con la elaboración del análisis de precios unitarios, donde el costo de hora hombre esta según el régimen de construcción civil del año 2023. Es

importante destacar que los rendimientos de la mano de obra fueron considerados de acuerdo con los estándares establecidos por la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO). Este enfoque metodológico garantiza una estimación precisa y alineada a las condiciones y normativas vigentes en el sector de la construcción.

Tabla 35.

Presupuesto del mantenimiento del canal

DESCRIPCIÓN	UND	METRADO	P.U	PARCIAL
Demolición de estructuras existentes	M^3	3.6	152.69	549.68
Concreto f'c=175kg/cm2, para revestimiento, E=0.075	M^3	2.88	593.34	1,708.82
Encofrado de canal con cerchas, inc/frisos	M^2	12	51.75	621
Eliminación de juntas existentes	und	28	5.09	142.52
Juntas de dilatación sellada con elastomerico	m	6.4	35.7	228.48
Juntas de dilatación sellada con elastomerico	m	16	4.22	67.52
			Total S/	**3,318.02**

Nota. el cuadro anterior muestra el presupuesto de mantenimiento del canal

5.4. Discusión

La eficiencia de conducción del canal de riego se encuentra en el 88.25%, como indican los resultados de la evaluación. Esta cifra revela una eficiencia inferior a la establecida para canales de revestimiento de concreto simple en condiciones óptimas, los cuales presentan una eficiencia aproximada del 95%, como se abordó en el marco teórico sobre los Parámetros de eficiencia de conducción de canales revestidos. La disminución en la eficiencia del canal se atribuye directamente al deterioro del recubrimiento y al mal estado de las juntas (García, E. 2008).

VI. Conclusiones

1. Conclusión general

La Eficiencia de la conducción de agua del Canal es del 88.25%, encontrándose por debajo de los valores recomendados que es del 90% a 95%..

2. Conclusión especifica 1

En el canal, está ubicado entre las localidades Queuñapata y Ccocha Ccocha, tiene como afluentes las quebradas Cancarhuaycco, Huisachinca y Tojorhuani , tiene una longitud de 3777.89 km, y tiene un recubrimiento de concreto, la sección del canal varía desde el km 00+000 al km 03+000 , desde donde mantiene una sección constante de 0.30 m ancho y 0.25 de alto, y tiene una antigüedad de 25 años; en el recubrimiento del canal se encuentra en malas condiciones en el existen 06 grietas y 01 rupturas de importancia, y las juntas se encuentran en su totalidad deterioradas de las cuales existen 28 juntas con ausencia del sello asfaltico, también se aprecia que un 25% aproximadamente del canal está cubierta por vegetación.

Lo métodos para determinar el caudal fueron el método de la corriente libre o flotador y el método del vertedero, donde se observó que el caudal determinado por el método del vertedero es mayor que el caudal resultante del método del flotador, para el presente estudio se determinó e caudal sacando el promedio de los valores resultantes de ambos métodos.

Para determinar el caudal producto de la evaporación se hizo uso del método de Howard Penman, para lo cual se hizo uso de los datos meteorológicos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI, tomando como estación de estudio la estación de Aymaraes.

3. Conclusión especifica 2

Los caudales de entrada y salida registrados durante los aforos efectuados en el km 03+000 y 03+776 del canal de riego, no presentaron cambios considerables de una toma de datos a otra, obteniendo con caudal de entrada promedio Qe=31.39 lit/seg y un caudal de salida promedio Qs=27.69 lit/seg. Por otro lado, el caudal de infiltración promedio es 3.67 lit/seg y el caudal de evaporación promedio es 0.0246 lit/seg.

4. Conclusión especifica 3

El presupuesto estimado para la reparación del canal de riego desde el km 03+000 al km 03+777.89 , donde existe 28 juntas deterioradas, 01 ruptura y 06 grietas es S/ 3,318.02.

Tabla 36.

Cuadro de resumen de presupuesto

DESCRIPCIÓN	UND	METRADO	P.U	PARCIAL
Demolición de estructuras existentes	M^3	3.6	152.69	549.68

Concreto f'c=175kg/cm2, para revestimiento, E=0.075	M^3	2.88	593.34	1,708.82
Encofrado de canal con cerchas, inc/frisos	M^2	12	51.75	621
Eliminación de juntas existentes	und	28	5.09	142.52
Juntas de dilatación sellada con elastomerico	m	6.4	35.7	228.48
Juntas de dilatación sellada con elastomerico	m	16	4.22	67.52
		Total S/		**3,318.02**

Nota. el cuadro anterior muestra el presupuesto de mantenimiento del canal

VII. Recomendaciones

- Se recomienda a las autoridades y beneficiarios realizar, tareas periódicamente de limpieza y mantenimiento canal.
- Es necesario desarrollar programas de capacitación y concientización a los beneficiarios, sobre el mantenimiento y buen uso del Canal, de esta forma se evitará perdidas de caudal.
- Se recomienda a las autoridades locales realizar un presupuesto más completo y gestionarlo para lograr su mejoramiento del canal.

VIII. Referencias

Abad, A. J., & Ramírez, V. I. (2023). *Análisis vulnerabilidad sísmica de una estructura dual de 7 pisos, distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, departamento de Ancash – Perú.* Trujillo: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/111172/Abad_AJC-Ram%c3%adrez_VIV-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

AGUIRRE PE, 1974. Julián Hidráulica de canales CIDIAT, Mérida, Venezuela.

ALAM, M.M. y BHUTTA, M.N. 2004. Comparative evaluation of canal seepage investigation techniques. Agricultural Water Management 66 (2004) 65-76

APARICIO MIJARES, F.J. 1992. Fundamentos de Hidrología de superficie. Ed Limusa. México. 302 p.

CORIA, E. Y PAZOS, J. 1984. Estudios de Problemas de Revenición en la Cuenca de los Río Diamante – Atuel. Centro Regional de Aguas Subterráneas - San Juan

CHAMBOULEYRON, J.; MIHAJLOVICH, D. MARVHEVSKY, P. 1972. Evaluación de la eficiencia del uso del agua de riego en el área dominada por el río Mendoza. UNCuyo. Facultad de Ciencias Agrarias. Mendoza.

Garcia Trisolini, E. 2008 MANUAL DE PEQUEÑAS IRRIGACIONES, Lima

DEPARTAMENTO GENERAL DE IRRIGACIÓN. Plan Director de Ordenamiento de los Recursos Hídricos – Informe Principal. Volumen II: Cuenca del Río Mendoza. Anexo Nº 1: Aguas Subterráneas. SAGYP y Gobierno de Mendoza. Proyecto PNUD/FAO /ARG/00/008. Mendoza, 2005.

GRASSI, C. 2001. Operación y Mantenimiento de Sistemas de Riego. Serie Riego y Drenaje. RD-44. CIDIAT. Mérida. Venezuela

KINZLI, K., MARTINEZ, OAD, R. , DAVID, A.P. 2010. Using an ADCP to 92 determine canal seepage loss in an irrigation district. Agricultural Water Management, Volume 97, (Issue 6), June 2010, Pages 801-810

Lux, M. 2010.Medidores de flujo en canales abiertos. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala.138p.

Palacios, E. 2004. La eficiencia en el uso del agua en los distritos de riego. México. Colegio de posgraduados Montecillo.250p.

FACM (Fuente Asociación Canales de Maipo, Pirqué), 2009.

RODRIGUEZ, T. Y VELGAS, M. 1989. Estudio de Revenimiento en la Zona de San Rafael. Centro Regional de Aguas Subterráneas - San Juan

Segura J. 1993 trazo y revstimiento de canales, 1ª edición Lima

SEPASKHAH, A. R. y SALEMI, H. R., 2009. An empirical model for prediction of conveyance Efficiency for small earth canals. Tecnichal note Oct 11, 2009 Dept. of Irrigation, Shiraz University, Shiraz, I. R. of Iran.

De Valverde, J.C. 2007. Riego y Drenaje 1ª edición, Costa Rica

De Villón B.M. 2008, Hidráulica de canales, 2ª edición, Lima.

VIVAS, J. Y POBLETE, M. 1986. Problemas de Revenición en el Departamento de San Rafael. Centro Regional de Aguas Subterráneas - San Juan

IX. Anexos

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos están resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes