



**“UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO”**

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



TESIS

**Determinación de las Pérdidas de Agua y su Variabilidad
Económica del Canal de Riego Cadape Distrito de Lambayeque
Provincia Lambayeque – 2023**

Para optar el título profesional de:

INGENIERO AGRÍCOLA

Autor (es):

Bach. Malca López Marlon Iván

Asesor:

Ing. MSC. Cumpa Reyes Jorge Segundo

**LAMBAYEQUE – PERU
2024**



**“UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO”**

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



TESIS

**Determinación de las Pérdidas de Agua y su Variabilidad
Económica del Canal de Riego Cadape Distrito de Lambayeque
Provincia Lambayeque – 2023**

Para optar el título profesional de:

INGENIERO AGRÍCOLA


Autor (es):

Bach. Malca López Marlon Iván

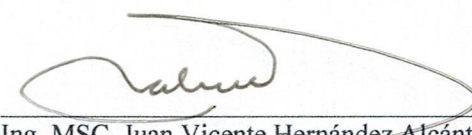
Aprobado por:



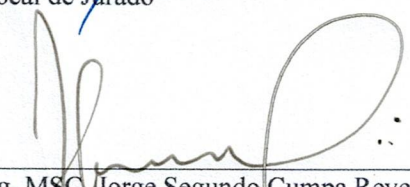
Ing. Dr. Wilfredo Díaz Córdova
Presidente de Jurado



Ing. Dr. Henry Dante Sánchez Díaz
Vocal de Jurado



Ing. MSC. Juan Vicente Hernández Alcántara
Secretario de Jurado



Ing. MSC. Jorge Segundo Cumpa Reyes
Patrocinador

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO.....	7
RESUMEN.....	8
ABSTRACT	9
I. INTRODUCCIÓN	10
1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	12
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	13
1.3. HIPÓTESIS	13
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE ESTUDIO.....	14
1.5. OBJETIVOS.....	15
1.5.1. OBJETIVO GENERAL	15
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
II. MARCO TEÓRICO	16
2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO	16
I) INTERNACIONALES	16
II) NACIONALES.....	17
III) LOCALES	18
2.2. BASES TEÓRICAS.....	20
2.2.1. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	20

2.2.2.	CANAL DE RIEGO	21
2.2.3.	LOS CANALES DE RIEGO POR SUS DIFERENTES FUNCIONES ADOPTAN LAS SIGUIENTES DENOMINACIONES	22
2.2.4.	ELIMINACIÓN DE VEGETACIÓN	24
2.2.5.	AFORO	24
2.2.6.	CANALES CON REVESTIMIENTO DE CONCRETO SIMPLE	24
2.2.7.	EL REVESTIMIENTO EN CANALES, OFRECE LO SIGUIENTE.....	25
2.2.8.	VELOCIDAD DE FLUJO SUPERFICIAL	26
2.2.9.	VELOCIDAD MEDIA.....	26
2.2.10.	TALUDES	27
2.2.11.	BORDE LIBRE	27
2.2.12.	EFICIENCIA DEL SISTEMA DE RIEGO (EFR).....	27
2.2.13.	EFICIENCIA DE DISTRIBUCIÓN EN CANALES DE RIEGO (EFD)	28
2.2.14.	EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN EN CANALES DE RIEGO	30
2.2.15.	AGRIETAMIENTO EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO	31
2.2.16.	CAUDAL.....	31
2.2.17.	VALORES DE EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN EN CANALES	32
2.2.18.	MEDICIÓN DEL CAUDAL	32
2.2.19.	MÉTODOS PARA LA MEDICIÓN DE CAUDALES	33
2.2.19.1.	MÉTODOS DE FLOTADOR.....	33

2.2.19.2.	MÉTODO VOLUMÉTRICO	34
2.2.19.3.	VERTEDEROS HIDRÁULICOS	35
2.2.20.	CALIBRACIÓN DE VERTEDEROS HIDRÁULICOS DE SECCIÓN RECTANGULAR	40
2.2.21.	EVALUACIÓN.....	41
2.3.	HIPÓTESIS	41
2.4.	VARIABLES	41
2.4.1.	VARIABLE DEPENDIENTE.....	41
2.4.2.	VARIABLE INDEPENDIENTE	41
2.5.	CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	42
III.	METODOLOGÍA	45
3.1.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	45
3.2.	DESCRIPCIÓN DEL ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN	45
3.2.1.	UBICACIÓN POLÍTICA.....	45
3.2.2.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	45
3.2.3.	UBICACIÓN HIDROGRÁFICA.....	46
3.2.4.	CLIMATOLOGÍA	47
3.2.4.1.	TEMPERATURA	47
3.2.4.2.	HUMEDAD RELATIVA	47
3.2.4.3.	EVAPORACIÓN	47

3.2.4.4.	PRECIPITACIÓN PLUVIAL	48
3.2.5.	RECURSOS HÍDRICOS	48
3.2.6.	SUELOS	48
3.2.7.	VÍAS DE ACCESO	49
3.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA	49
3.3.1.	POBLACIÓN.....	49
3.3.2.	MUESTRA.....	50
3.3.3.	UNIDAD DE ANÁLISIS.....	50
3.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	50
3.4.1.	TÉCNICAS	50
3.4.2.	INSTRUMENTOS	51
3.4.2.1.	SOFTWARE	51
3.5.	VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO	51
3.6.	PLAN DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.....	52
3.7.	FORMAS DE TRATAMIENTO DE DATOS.....	53
3.8.	FORMAS DE ANÁLISIS DE DATOS	53
□	MÉTODO DEL CORRENTOMETRO.....	58
□	TÉCNICA DE AFORO	58
□	AFORO POR VADEO	58
□	VADEO A UN PUNTO	59

PROCEDIMIENTO Y TRABAJOS DE LABORATORIO Y GABINETE	62
□ TRABAJOS DE LABORATORIO	62
A) DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA DE SUELO.....	62
□ TRABAJOS DE GABINETE.....	62
A) CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN	62
B) CÁLCULO DEL VAN	62
C) CÁLCULO DEL TIR.....	63
GEOREFERENCIACIÓN	65
DISCUSIONES.....	67
CONCLUSIONES.....	67
RECOMENDACIONES	69
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	70
ANEXOS	71
TABLAS DE AFORO	72
PANEL FOTOGRÁFICO.....	88
PLANOS.....	94

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por acompañarme en el transcurrir de mis estudios en la Universidad, quien me da fortaleza en aquellos momentos de debilidad y por sentir que cada día es nuevo aprendizaje.

A mis padres quienes han sido siempre el motor que impulsa y me inspira para seguir adelante, quienes estuvieron siempre a mi lado en los momentos difíciles durante mis horas de estudio y sobre todo por los valores inculcados desde que tengo uso de razón, Ahora al culminar mis estudios y lograr uno de mis objetivos les dedico a ellos este logro alcanzado.

A mi Universidad por ser el centro de estudios donde me realice como una persona integra; por el conocimiento brindado por parte de mis profesores.

Gracias Ingeniero Jorge Cumpa Reyes por creer en mi capacidad y haberme brindado la oportunidad de desarrollar mi tesis profesional.

A la comisión de regantes de la ciudad de Lambayeque.

RESUMEN

El sector agrícola consume cerca del 80% de toda el agua, por lo que el uso de los recursos hídricos en él es objeto de especial consideración. A pesar de la posibilidad de una menor eficiencia, se ha producido un aumento de la afectividad del riego, empezando por la eficiencia de la conducción, lo que se traduce en volúmenes adicionales de agua para servir mejor a las zonas de cultivo.

La mayor parte de la infraestructura de riego de los valles costeros se basa en una red de canales que suministran mayores cantidades de agua de las que suelen necesitarse, lo que provoca importantes daños por percolación y escorrentía superficial. Por otra parte, el mal funcionamiento de estas estructuras y el uso inadecuado del agua de riego por parte de los hombres de campo; todo eso suma a ocasionar daños.

Se ha demostrado que una de las principales causas de pérdida de agua en el canal de riego CADAPE es la infiltración. Estas pérdidas pueden afectar la cantidad de agua disponible para la agricultura por lo cual tienen un impacto económico en la producción agrícola que afectan los costos de producción agrícola, lo que destaca la necesidad de gestionar adecuadamente los recursos hídricos para optimizar la producción y deben ser reducidas mediante la implementación de revestimientos adecuados.

Palabras claves: riego, canal, eficiencia

ABSTRACT

Given that agriculture consumes the most water (about 80%) and has the lowest potential for efficiency, considerable attention is paid to how these resources are used there. Due to an improvement in conductivity, Additionally, the riego's efficiency has increased, which necessitates the use of additional water volumes to provide better service to the cultivation areas.

The majority of the water supply infrastructure in the coastal valleys is constructed on a system of canals, which enables it to supply more water in accordance with average demand while seriously hurting the environment through evaporation and shallow percolation. As opposed to that, farmers, who are mainly found in the coastal valleys, improperly operate those existing buildings and consume riego water, which causes severe harm.

It has been shown that one of the main causes of water loss in the CADAPE irrigation canal is infiltration. These losses can affect the amount of water available for agriculture, therefore they have an economic impact on agricultural production that affect the costs of agricultural production, which highlights the need to adequately manage water resources to optimize production and must be reduced. by implementing appropriate coatings.

Keywords: irrigation, canal, efficiency

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso vital para la vida, la agricultura, la ganadería y las economías humanas de todo el mundo. A pesar de ello, el ser humano suele utilizar el agua de forma inadecuada e irracional, lo que tiene consecuencias mortales, entre ellas la escasez.

La distribución del agua se debe hacer de manera responsable evitando el uso inadecuado; es crucial medir el caudal en las derivaciones y tomas del canal con un alto grado de precisión cuando se utiliza un sistema de riego. Esto también controlará las inevitables pérdidas de agua en todas las formas con la que será conducida, esto crea un problema al no economizar el agua.

No hay duda de que los cambios climáticos que se vienen dando en todo el mundo, así como el deshielo de los grandes glaciares debido al calentamiento global, retrasarán en los próximos años la incertidumbre provocada por la falta de agua. La Organización Mundial de la Salud afirma que, debido a la demanda de los habitantes del planeta, que necesitan una media de unos 200 litros de agua por persona y día para sobrevivir, la atmósfera se está calentando.

Se prevé que en los próximos 20 años la demanda aumente en un factor casi equivalente al crecimiento de la población. Debido a la inminente crisis provocada por la crisis del agua, ahora es necesario llevar a cabo o implantar nuevas medidas legales que aborden las cuestiones mencionadas. La gestión óptima del agua debe ser un derecho de todas las poblaciones, y deben establecerse medidas que garanticen su cumplimiento porque es crucial, por ejemplo, en la agricultura.

Para evitar que el agua se agote sin ningún uso o aplicación, es necesario utilizar la tecnología para contabilizar este recurso, que se utiliza para el riego. Esto se debe a que los sistemas de riego se encuentran frecuentemente en un estado inestable, y su gestión provoca problemas de encharcamiento y salinización, que deterioran y hacen inservibles los suelos de los valles bajos, a

la vez que despilfarran mucha agua.

Recientemente, el uso y la gestión del agua han recibido mucha atención en todo el mundo. La escasez de agua siempre ha sido un problema para el uso humano y agrícola, actualmente es uno de los temas más preocupantes con los cuales acarrea a la sociedad.

En las zonas rurales de nuestra región se construyen la mayoría de estos canales. Por otra parte, se degradan rápidamente, lo que conduce a un uso inadecuado e incluso al despilfarro, a pesar de contar con un asesoramiento técnico competente durante todo el proceso de concepción, desarrollo de un buen diseño y seguimiento del mismo hasta la conclusión del proyecto. La finalidad de un canal de riego es redirigir el agua de una cuenca hidrográfica a un campo o huerto, donde posteriormente se riegan los cultivos. Se necesitan ingenieros, y esto es crucial.

En el proceso de diseño se ha tenido muy en cuenta el medio ambiente, así como la mejor forma de utilizar el agua. Como caen gradualmente a horizontes más bajos al seguir los contornos del terreno, el agua puede circular más rápidamente y consumir menos agua. Están más estrechamente relacionados con las características topográficas. Es crucial mantener adecuadamente estos canales porque representan uno de los mayores gastos de inversión al iniciar un sistema de riego.

Existen canales diferentes en lo que corresponde al tamaño, grandes canales de campo que mueven varios litros por segundo hasta pequeños canales principales que mueven decenas de miles de metros cúbicos por segundo.

Sin siniestro, la pérdida es superior al 50%; si se rompe el revestimiento, puede haber siniestro dependiendo de la gravedad del daño. Los canales utilizados para el riego están revestidos para evitar pérdidas de agua y llegue en su totalidad a las parcelas.

La eficacia de un conducto, que se define como la relación entre los caudales final e inicial,

medida simultáneamente al final de un segmento o a lo largo de su longitud en determinadas circunstancias, es uno de los elementos que determinan la pérdida de este recurso (agua) en un canal.

Es bien sabido que la evaporación, las fugas en las estructuras de soporte y, sobre todo, la penetración en las profundidades de la tierra son factores que contribuyen a la pérdida de agua en los canales abiertos.

1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El objetivo de este proyecto de investigación es identificar el desperdicio de agua causado por las filtraciones de los canales subterráneos, que se relaciona con un problema de infraestructura de riego inadecuada y mal protegida que impide que los beneficiarios de los canales de riego identificados tengan una adecuada infraestructura para el riego que funcione eficazmente, como canales para aumentar la agricultura y la producción y ayudar al desarrollo de las comunidades.

El estudio se realizará para determinar si merece la pena cubrir posteriormente las mermas de agua provocadas debido a las filtraciones del canal de tierra. El agua perdida por las filtraciones se utiliza para aumentar la parte agrícola de los cultivos, que aporta la gran mayoría de la producción, obteniendo más ingresos económicos para los lugareños de estas regiones fronterizas.

Para determinar las pérdidas medias por permeación, se efectuarán mediciones de caudal en la entrada y la salida en un radio de uno km.

Bajo ciertas restricciones hidráulicas, es posible realizar mediciones de caudal en sistemas de canales. Estos canales pueden albergar caudales relativamente modestos, además de

los enormes volúmenes de agua que suelen transportar.

Las reglas de flujo constituyen una información esencial para todos los diseños hidráulicos y muchos proyectos de construcción civil, como carreteras, viaductos, acueductos entre otros.

1.2. Formulación del Problema

¿Qué impacto tienen las pérdidas de agua en el canal Cadape y su volatilidad económica de los costos de producción?

1.3. Hipótesis

Los gastos asociados a la producción agrícola en el canal Cadape se ven considerablemente afectados por las pérdidas de agua.

1.4. Justificación e importancia de estudio

El objetivo de esta investigación es conocer mejor de qué manera se distribuye el agua en los canales de riego para poder proponer o tomar medidas antes de utilizar el agua de forma inadecuada o malgastarla. Esto nos permitirá diseñar la infraestructura del canal de riego y mantenerla en las mejores condiciones para la fluidez de los caudales requeridos.

El único aspecto del equilibrio hidrológico de una cuenca que puede evaluarse de forma precisa e inmediata es el patrón de caudal del río durante un periodo de tiempo concreto. Otros componentes de este equilibrio, como la precipitación y la evaporación, entre otros, sólo pueden inferirse a partir de mediciones realizadas en distintas regiones de la cuenca o extrapolarse de fórmulas hidrológicas, que suelen ser observaciones muy imprecisas.

La base de este proyecto es la creación y provisión de criterios de evaluación nuevos o mejorados que potencien la eficacia y mejoren el rendimiento de los sistemas de los departamentos de riesgos.

Dado que los datos actualizados se utilizarán para tomar decisiones sobre la mejora de sus infraestructuras y también para ayudar a crear proyectos hídricos de regadío, Los resultados son muy importantes para las empresas que supervisan los sistemas de riego. Todo el mundo debería ser consciente de los ríos que están cerca de sus casas, riegan sus granjas o pasan junto a grifos o canillas que no consumen ninguno de los recursos hídricos disponibles.

Una gestión eficaz de estas situaciones exige conocer las corrientes que recorren nuestros ríos y canales.

El investigador de este estudio debe ser capaz de ofrecer al agricultor la cantidad de agua adecuada para evitar el despilfarro de recursos. Estas mediciones forman parte de nuestros esfuerzos por identificar estrategias innovadoras y eficaces de asignación del agua y conseguir el control del agua utilizada por el departamento y sus alrededores.

En el Departamento de Lambayeque, el agricultor que tiene acceso al agua para el riego de sus cultivos debe entender lo crucial que es conocer la cantidad de agua (caudal) que admite en la propiedad. Esta agua es transferida a través de canales, o el agricultor debe ser capaz de decidir cuánto caudal es distribuido por ciertas organizaciones, Por lo tanto, conviene aportar algunas ideas para calibrar el canal adecuado, según el esfuerzo de investigación actual.

Esta investigación es relevante porque ayudará a las individuos y organizaciones encargadas de gestionar estos servicios a adoptar estas políticas que redunden en la sostenibilidad de este servicio. Su justificación son las propuestas para dar al agua la

prioridad que merece.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

- Determinar las pérdidas de agua en el canal de riego Cadape en el departamento de Lambayeque, provincia de Lambayeque, y su variabilidad económica en los costos de producción agrícola.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Aforar el ingreso y salida del canal de riego Cadape.
- Determinar las pérdidas por conducción que se producen en el canal no revestido Cadape.
- Guardar un registro hidráulico del canal Cadape cada año que se dejan de usar para la agricultura debido a una infraestructura sin revestir.
- Determinar las ratios económicos de la evaluación de producción agrícola.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO

i) Internacionales

CHILE, MINISTERIO DE AGRICULTURA – INIA (2019), Para transportar el agua de riego a las parcelas, campillos o granjas, se crean canales de construcción sencilla.

Para comprender el caudal o volumen de agua que entra en la tierra, recorriendo los canales de distribución, y la cantidad de agua utilizada en los cultivos cada vez por las organizaciones de regantes y los agricultores los cuales miden o dosifican el agua de riego.

Por otra parte, es posible pensar en cuánta superficie puede regarse para restablecer la evapotranspiración necesaria para toda la agricultura cuando se conoce el caudal adecuado en un canal.

CARABOBO – VENEZUELA, UNIVERSIDAD DE CARABOBO (2016),

Los canales son pasos abiertos y constreñidos con diversos controles de flujo que suelen tener formas variadas. Por otra parte, hay canales abiertos con o sin elevación del lecho y simétricos con respecto al eje del canal. Para evitar la acumulación de sedimentos, se aconseja verificar el diseño de la elevación del cauce.

CIUDAD DE MEXICO – MEXICO, PALACIOS (1976), Se cree que la eficiencia media de conducción en las zonas de riego de México es de alrededor del 60%, lo que significa que, en promedio, el 40% del agua se pierde por conducción. En cambio, en parte de la costa, la mayor parte de este recurso se va al mar con pocas posibilidades de reutilización. Es crucial dar a conocer

que no toda el agua se desperdicia; una fracción de ella ingresa en los acuíferos y puede reutilizarse. Entre las conclusiones de este estudio figuran: Según su procedencia, las pérdidas por conducción pueden dividirse en dos categorías: a) permeación, y b) evaporación

ii) Nacionales

PERU, MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO, (2015), El PSI, Agricultura y nueve programas especiales de planificación son algunas de las unidades ejecutoras del sector que están cooperando con el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI.), la Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego (DGIAR.) así como las unidades ejecutoras del sector para aumentar y expandir la productividad agrícola del país, se ha puesto en marcha nuevos proyectos de riego. Según los estudios realizados tras la ejecución de los proyectos de riego, los agricultores necesitan formación en controlar el caudal en los sistemas de riego. Para ello es necesario comprender cuánta agua fluye por sus canales, tomas, canales de distribución y otros sistemas hidráulicos. El objetivo principal de este procedimiento es ofrecer a las organizaciones de regantes una comprensión básica de la medición del caudal para que puedan conocer las normas fundamentales para medir el agua en todos los sistemas de riego.

PERU, CENDRET (1976), de acuerdo a los estudios manifiesta que: “... Para la determinación de la profundidad del talud, considera que los factores que afectan su estabilidad, como en suelos arenosos, requiere pendientes menos fuertes, que en suelos de tipo arcillosos. El ingreso del agua de infiltración, puede producir fuerte gradiente hidráulica en los lados del canal, lo cual es desventajoso para la estabilidad del talud, lo mismo que en los cambios bruscos que en el nivel del agua de la zanja. Una cobertura generalmente tiene una favorable influencia sobre la estabilidad de taludes...

En cuanto a la eficiencia del riego agrícola sostiene: Si regamos para suplir total o parcialmente, la falta de lluvias conseguimos obtener cosechas mejorables. Si el hecho de regar no es perfectamente realizado, sucederán problemas de elevación del nivel freático en algún lugar topográficamente más abajo que el sitio regado, esto sin duda. En condiciones de zonas áridas o semiáridas, el problema de alto nivel freático vendrá acompañado de un problema de salinización del suelo.

LIMA – PERU, GOICOCHEA INFANTE (2013), el desarrollo de la agricultura en el Perú tiene una evidente correlación con los avances en el manejo del agua para riego. Los antiguos peruanos encararon seriamente el "problema del uso del agua para el riego" y esto, muy probablemente, dio inicio a importantes cambios en la agricultura y la sociedad, algunos de los cuales aún hoy tienen vigencia ya que una parte de la infraestructura de riego existente tiene antecedentes prehispánicos.

iii) Locales

MORROPE, OLIVERA Y SANDOVAL (2020), Se realizó un estudio del estado actual del Canal Secundario de Montegrande ubicado en el Distrito de Morrope, 33.713,00 km por etapas del Canal Primario de Tucume con una longitud total de 3.665 km, completamente sin revestimiento y con riego en área total. 221.37 hectáreas pertenecientes al Comité de Usuarios de Morrope en el subsector hidráulico; El objetivo de este proyecto es evaluar y mejorar los canales de riego de Montegrande y sus obras, los cuales son objeto de estudios tales como la evaluación del estado y eficiencia de los sistemas de riego, estudios topográficos, de suelos e hidrológicos. Entre los resultados, la evaluación de los ductos y obras de arte mostró que eran demasiado grandes y podían impulsar el caudal diseñado de 0,25 m³/s con una eficiencia de impulsión del 47,5 %.

Los estudios topográficos han encontrado que presenta pendientes mixtas o alternas, que provocan cambios en el ritmo de paso. En los estudios de suelo, su suelo es arenoso en la mayor parte de la longitud del canal y el agua se pierde por infiltración. En los estudios de hidrología, la calidad del agua es adecuada para los cultivos, pero la cantidad de agua suministrada no es suficiente para satisfacer las necesidades hídricas de las plantas, lo que permite que los agricultores incurran en pérdidas económicas. Para solucionar esto, se diseñará el canal revestido y obras de arte de hormigón armado con un caudal de diseño de 0,25 m³/s, aumentando la eficiencia de las tuberías al 70%, lo que consumirá más agua, se podrá ampliar la superficie agrícola a 292 hectáreas.

MONSEFU, TINEO ORDOÑES ARTHUR (2021), El desvío de agua de riego y la pérdida de asignación en los comités de usuarios de agua es un desafío importante, demorado e inevitable, y requiere un tratamiento especial y una solución urgente en todos los subsectores de la hidráulica. Por lo tanto, esta tesis trató de conocer y evaluar los aspectos que inciden en la baja eficiencia en el manejo y distribución del recurso hídrico de la red de riego del canal Chacupe como canal piloto, y proponer soluciones técnicas al problema. En esta tesis se aplicó el método de investigación empírico – cuantitativo, no experimental – de tipo transversal o diseño. Gracias al procesamiento de datos se encontró que la eficiencia en el manejo del agua de riego del canal Monsefú durante la campaña de cultivo de arroz 2019-2020 fue de 98,2%, mientras que la eficiencia global de la operación del canal Chacupe fue de 6,96%, con lo cual Se puede concluir que a nivel del subsector riego por canales, los recursos hídricos de la red de riego Chacupe son ocasionados por la gestión del recurso hídrico y una disminución significativa en la eficiencia por distribución, principalmente infraestructura de riego insuficiente y horas de agua durante el tiempo de viaje. De la Comisión de Usuarios del Canal y Monsefú en general, y para tal efecto se realizó

una propuesta técnica sobre una ecuación hidrométrica que regularía los tiempos de viaje antes mencionados.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Definición de términos

A) Autoridad Administrativa del Agua (AAA), Son órganos desorientados que liderizan, en sus concernientes territorios, la gestión y la manera de la utilización de los recursos hídricos. Los cuales liderizan, efectúan y ponen a prueba con estudios y obras para la realización del mejor aprovechamiento de agua.

B) Sistema Hidráulico Mayor Clase B, Este está formado por infraestructura hidráulica mayor que ayuda en el suministro de agua hasta los sectores hidráulicos bajos, se diferencia por entender obras de acaparamiento con volúmenes de agua entre 10 y 180 hectómetros cúbicos.

C) Proyecto Especial Olmos Tinajones (PEOT), Se logra a realizar estudios, desempeñar, examinar y conservar obras de ingeniería orientadas al beneficio integral de los recursos hídricos subterráneos y superficiales, con fines de generación de energía y de riego.

D) Comisión de Regantes de Lambayeque, La Comisión de Regantes de Lambayeque, es una persona jurídica de derecho privado sin fines de lucro de duración indefinida, inscrita en los Registros Públicos con Partida N° 11006622, reconocida por

Resolución Administrativa N° 548-ATDRCHA, reconocida por la Ley N° 29338, como **Operador de Infraestructura Hidráulica Menor.**

2.2.2. Canal de riego

Un canal de riego es una vía fluvial, a menudo artificial o mejorada, construida con el propósito de llevar agua desde una fuente como un lago, río o arroyo, al suelo utilizado para la agricultura o el paisajismo. Un elemento esencial de la agricultura que se encuentra en excavaciones arqueológicas que se remontan al 4,000 a. C., los canales de riego a menudo han significado la diferencia entre el sustento y el hambre. Un canal de riego, en su forma más elemental, es una zanja llena de agua. Puede excavar en el suelo y luego llenarse con agua, o puede ensancharse un arroyo existente en un proceso llamado «canalización» y desviarse según corresponda para proporcionar la máxima eficiencia. Otra forma de crear un canal es construir las paredes primero, usando el suelo seco como lecho, y conectarlo a una fuente de agua solo cuando esté completamente construido.

Una de las dificultades con los canales de riego es proporcionar un flujo de agua confiable. Cuando el canal está conectado directamente a una fuente de agua como un lago o un río, el suministro de agua es bastante confiable, pero se debe tener cuidado para evitar usar tanta agua que otras áreas sufren. Cuando un canal de riego atraviesa una gran distancia o debe navegar por cambios de elevación, se deben emplear otras estrategias. Es común, por ejemplo, construir un embalse para almacenar agua para riego y para llenar canales de riego con sistemas de presas y esclusas. Otro método consiste en cavar canales junto a las fuentes de suministro de agua y construir presas o esclusas que los separen, abrirlos cuando se necesita agua en el canal de riego y cerrarlos después.

2.2.3. Los canales de riego por sus diferentes funciones adoptan las siguientes denominaciones

- **Canal de primer orden:** Llamado también canal madre o de derivación y se le traza siempre con pendiente mínima, normalmente es usado por un solo lado ya que por el otro lado da con terrenos alto.

- **Canal de segundo orden:** Llamados también laterales, son aquellos que salen del canal madre y el caudal que ingresa a ellos, es repartido hacia los sub - laterales, el área de riego que sirve un lateral se conoce como unidad de riego.

- **Canal de tercer orden:** Llamados también sub -laterales y nacen de los canales laterales, el caudal que ingresa a ellos es repartido hacia las propiedades individuales a través de las tomas del solar, el área de riego que sirve un sub - lateral se conoce como unidad de rotación.

➤ **Caudal:** La cantidad de agua que fluye a través de una sección de un río o canal por unidad de tiempo. En dinámica de fluidos, el flujo es la cantidad de fluido que pasa a través de una unidad de tiempo.

Por lo general, se identifica por el flujo de volumen o el volumen que pasa a través de un área determinada por unidad de tiempo, con menos frecuencia por el flujo de masa o el paso de masa a través de un área determinada por unidad de tiempo:

- Determinar la cantidad de agua que circula en un canal, tubería u orificio por unidad de tiempo en un punto determinado utilizando un amperímetro, flotador, rebosadero, tubo de Pitot u otro dispositivo o método de medición. o la cantidad de agua que pasa por una determinada sección en una determinada unidad de tiempo. Los términos más utilizados

son litros por segundo, litros por minuto, metros cúbicos por hora, metros cúbicos por día, etc. La operación incluye no solo la medición del caudal de agua y el área del segmento de la regla de flujo de agua, sino también los cálculos adicionales necesarios.

- Resultados numéricos de las mediciones de emisiones en unidades de medida apropiadas.
- volumen o masa de gas, líquido o material sólido que pasa a través de una sección transversal de una tubería en un tiempo dado; medido en kilogramos por hora (kg/h), metros cúbicos por segundo (m^3/s), litros por día (l/d).
- El caudal por unidad de tiempo suele expresarse en litros o m^3/seg . Multiplicado por el caudal por unidad de tiempo: día, mes o año, estamos hablando de la esorrentía en términos de media mensual o media anual. En una cuenca o red, definimos principalmente las vías fluviales en términos de flujo anual y esorrentía anual. Otra información importante es el caudal máximo, es decir, la crecida máxima y el caudal mínimo o de referencia. Estos datos son datos esenciales para comprender la cantidad de agua disponible y para varios usos, proporcionando datos importantes para la planificación hidrológica.
- Es de suma importancia conocer el caudal (Q) que fluye por una determinada fuente de agua, porque ese caudal fluctúa según las épocas del año y las condiciones meteorológicas. Por ejemplo, en tiempo de lluvias, el caudal es mayor y más pequeño en tiempo de estiaje. Una vez conocidas las fluctuaciones de caudal del curso de agua durante un periodo largo, se puede definir el caudal útil o disponible que puede ser extraído del referido curso.

2.2.4. Eliminación de Vegetación

En los cauces no revestidos, tanto los taludes como los fondos suelen estar cubiertos de vegetación, especialmente pastos y hierbas, aunque en algunos casos también suelen crecer sobre

bermas, arbustos e incluso árboles. Este recubrimiento previene significativamente el crecimiento de la vegetación y elimina las desventajas enumeradas.

2.2.5. Aforo

Es un proceso para cuantificar la cantidad de agua que pasa por un canal por unidad de tiempo y se puede aplicar a ríos y canales midiendo la velocidad del agua en diferentes puntos, combinándola con información geométrica para realizar la medición.

2.2.6. Canales con Revestimiento de Concreto Simple

(Según Ministerio de Agricultura de Chile - INIA, Proclama N° 44) los canales son estructuras básicas que transportan el agua de riego hasta los puntos de entrega de las parcelas, parcelas o fincas. Un canal de hormigón simple es un canal en el que el hormigón simple se coloca en una sección de canal preformada de acuerdo con la geometría. Además de materiales como cemento, áridos, asfalto, etc., este tipo de revestimiento se puede instalar mediante encofrado convencional (madera) o moderno (metal), proporcionando un canal estable con una mínima pérdida de agua durante toda su vida. En general, tiene un precio más alto porque su estructura es relativamente compleja y voluminosa, y requiere mucha mano de obra. La mayoría de los pasajes tienen una sección transversal trapezoidal o cuadrada para facilitar el trabajo. Los revestimientos de tuberías están hechos de diferentes materiales. La denominada superficie sólida puede ser hormigón simple, acero o proyección de alta presión, hormigón asfáltico, mampostería (piedra, ladrillo, bloques prefabricados, etc.).

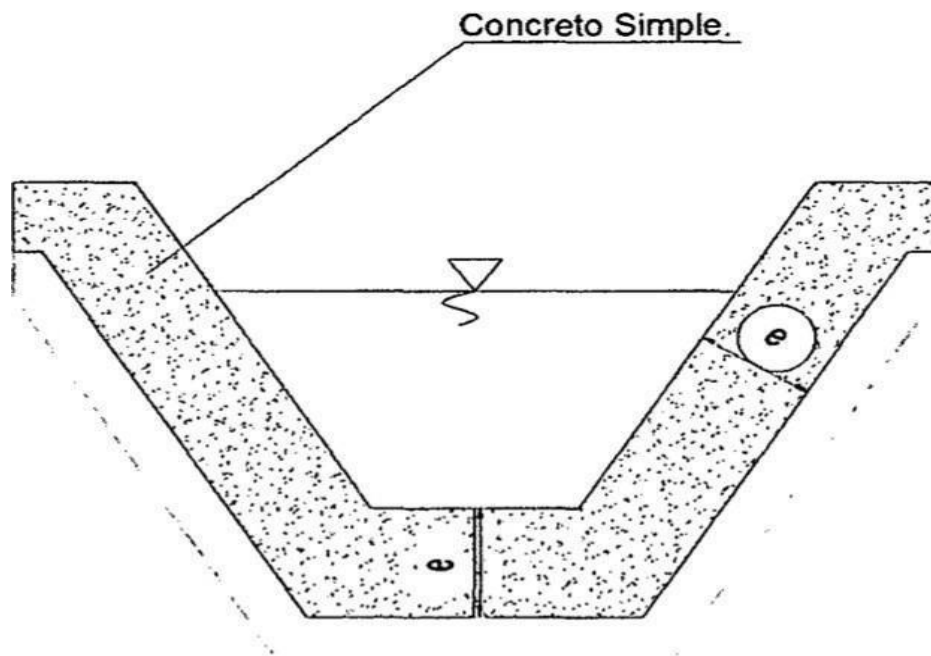


Figura 1. Sección Típica de Un Canal de Sección Trapezoidal Revestido

2.2.7. El revestimiento en canales, ofrece lo siguiente:

- **Aumento de la Capacidad del canal:** La eliminación de la erosión permite que el agua circule en los canales revestidos a mayor velocidad que en los de tierra, obteniéndose, como resultado, mayor caudal para igual sección. (Asociación de canales de Maipo-2009).

- **Imposibilidad de roturas:** Si el canal es revestido resulta muy difícil la producción de roturas, y aún en el caso en que ocurrieran agrietamientos, la resistencia a la erosión del material del revestimiento impide el ensanchamiento de la abertura con lo cual se evita la posibilidad de consecuencias graves. Además, que este tipo de eventos pueden ser reparables.

➤ **Prevención de la Erosión:** El revestimiento de los canales permite adoptar velocidades de escurrimiento más elevadas y radios de curvas horizontales menores, lo que se traduce en longitudes y secciones menores así como taludes más empinados que en los canales sin revestir.

➤ **Eliminación de Vegetación:** En los canales sin revestimientos, tanto los taludes como el fondo tienden a cubrirse de vegetación, especialmente pastos y hierbas, aunque también suelen en algunos casos desarrollarse en las bermas arbustos y hasta árboles. El revestimiento impide considerablemente el crecimiento de la vegetación anulando los inconvenientes enumerados.

2.2.8. Velocidad de Flujo Superficial

La velocidad de flujo superficial se considera como la velocidad en la lámina de la superficie del flujo. (Torres Sotelo, 1995)

2.2.9. Velocidad Media

El diseño de canales, recubiertos o no, que conducen agua con material fino en suspensión, debe considerar que la velocidad media del flujo, para el caudal mínimo de operación, sea mayor o igual que la necesaria para evitar la sedimentación del material transportado. Empíricamente se considera a la velocidad media el 80% de la velocidad superficial. ("Diseño Hidráulico de un Canal de Llamada", SEGARPA 2012)

$$V_{media} = 0.80 V_{superficial} \dots\dots\dots (01)$$

2.2.10. Taludes

Se refiere a la inclinación que poseen las paredes laterales del canal y las cuales se expresan en forma de proporción. la forma más usada en canales es la trapezoidal, con taludes que dependen del terreno en el cual el canal será excavado. ("Diseño Hidráulico de un Canal de Llamada": SEGARPA 2012)

2.2.11. Borde Libre

Es el espacio entre la cota de la corona y la superficie del agua, no existe ninguna regla fija que se pueda aceptar universalmente para el cálculo del borde libre, debido a que las fluctuaciones de la superficie del agua en un canal, se puede originar por causas incontrolables. En la práctica, en tanto no se tengan valores específicos, es recomendable usar: $e=1/3d$ para secciones sin revestimiento y $e = 1/6d$ para secciones revestidas; donde d es el tirante del canal en metros. Pero siempre manteniendo un bordo libre mínimo de 10cm. ("Diseño Hidráulico de un Canal de Llamada": SEGARPA 2012).

2.2.12. Eficiencia del Sistema de Riego (Efr)

La cantidad de agua que se capta de una fuente natural de un sistema de riego se conduce a través de un canal principal, luego el agua se desvía a través de un canal de distribución y finalmente el agua se desvía a nivel de parcela para algún cultivo del productor agrícola. Esta relación entre la cantidad de agua utilizada por las plantas y la cantidad de agua suministrada desde la toma determina la eficiencia de un sistema de riego. Finalmente, es crucial evaluar el caudal que fue captado por la toma para determinar cuánta agua se utiliza para el riego de cultivos. Para ello, es fundamental establecer la eficiencia del riego para poder calcular la cantidad de agua necesaria

para cualquier proyecto de riego. La eficiencia de conducción del canal principal, la eficiencia de distribución del canal lateral y la eficiencia de aplicación a nivel de parcela conforman la eficiencia de riego. La eficiencia de riego de un sistema se calcula como la suma de estas tres eficiencias.

$$E_{fr} = E_{fc} \times E_{fd} \times E_{fa}$$

Donde:

- Eficiencias conducción (E_{fc})
- Eficiencia de distribución (E_{fd})
- Eficiencia de aplicación (E_{fa})

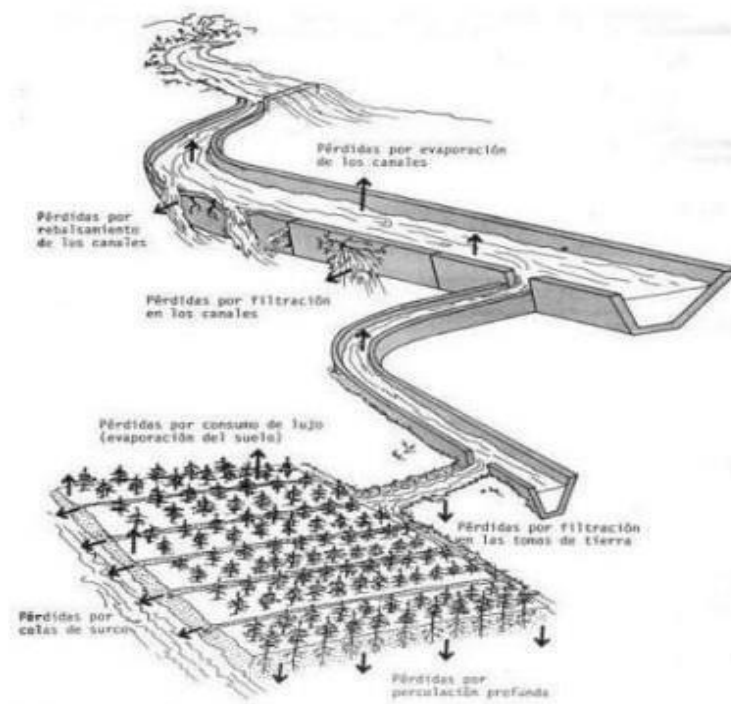


Figura 2. Diseño de un Sistema de eficiencia de riego

2.2.13. Eficiencia de Distribución en Canales de Riego (e_{fd})

Se obtiene de todos los canales de distribución de 1er, 2do, 3er, etc, orden, que sirven para distribuir el agua hacia las parcelas o chacras de los usuarios. Mide la pérdida que se produce entre la toma lateral del canal principal, hasta la entrega a los usuarios de una zona de riego. La Ecuación

para determinar la eficiencia de un canal de distribución $E_{fd} = \frac{\text{Caudal que llega al final del Canal de Distribución} + \sum \text{Caudales de los laterales}}{\text{Caudal de agua que entra al canal lateral}} \times 100$

Por lo tanto, al existir en un sistema de riego que contiene varios canales de distribución la eficiencia de ella, se determina mediante la siguiente ecuación: $E_{fd} = \frac{\text{Sumatoria de eficiencias de Distribución de 1er. 2do, 3er, 4to, "n" orden} \times 100}{\text{Número total de canales de Distribución}}$

De igual forma que en el canal de conducción, la distribución deberá presentar una alta eficiencia al tener pérdidas de filtración mínimas, el valor de dicha eficiencia será mayor cuanto mejor sea el estado de los canales y estructuras de distribución.

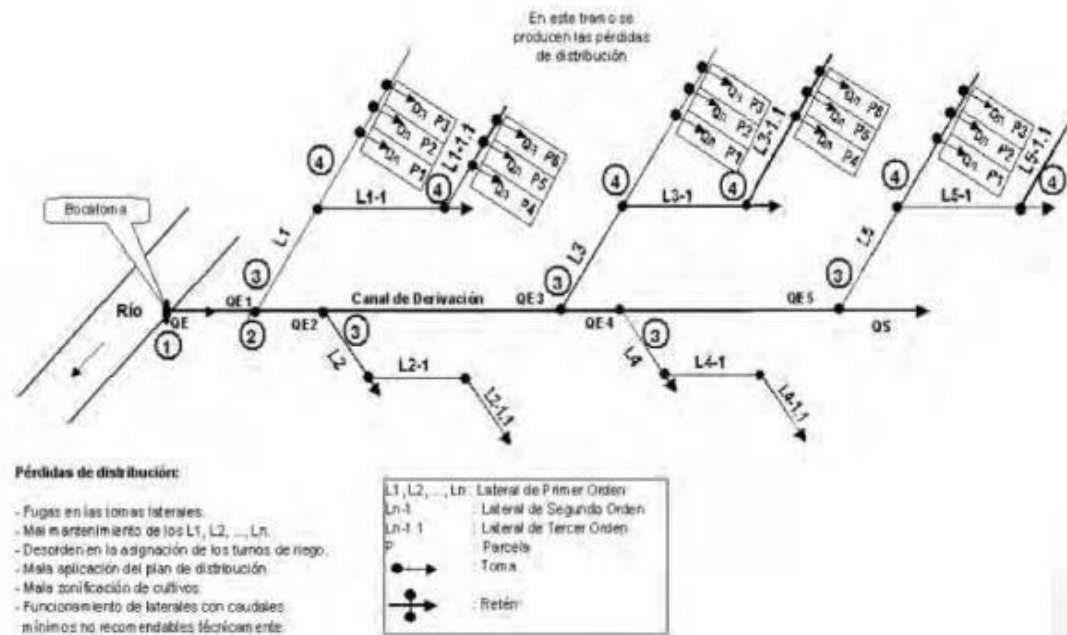


Figura 3. Diagrama de pérdida de distribución en canal de riego

2.2.14. Eficiencia de Conducción en canales de Riego

Es la relación entre el volumen o caudal de agua que ingresa a un canal, y el volumen o caudal de agua que se sale en un punto distinto al de ingreso. (Palacios,2004)

$$Efc\% = (Qs / Qi) 100 \dots\dots\dots (02)$$

Efc (%): Eficiencia de conducción

Qi. : Caudal de ingreso al canal

Qs. : Caudal de salida al canal

En la medida que se conozcan las pérdidas de conducción, se mejorará la programación de los riegos y el control de la operación, pues permitirá atender los pedidos en el menor tiempo posible. Las pérdidas en un canal se pueden resumir en cuatro formas, a saber:

- **Pérdidas por Evaporación:** usualmente son de poca dimensión y no se toman en cuenta.
- **Pérdidas por Fugas:** se producen por el mal estado de las estructuras, desajustes en las compuertas, empaques viejos, etc. Si no se les da importancia, pueden ser de grandes dimensiones.
- **Pérdidas por Mal Manejo de la Operación:** se producen por descuidos del personal, que abren las compuertas más de lo debido, o bajan el tirante sin haber terminado el ciclo de riego, etcétera.
- **Pérdidas por Infiltración:** son las de más importancia; dependen del perímetro mojado, longitud del canal, coeficiente de infiltración y carga hidráulica. A este nivel, se reportan pérdidas que oscilan de 15 a 45% (Grassi C., 1988).

La eficiencia de conducción de un canal se puede determinar si se aforan en el punto de entrada de caudal del canal y un punto de salida de ese canal; esa eficiencia solo se puede medir realizando varios aforos.

2.2.15. Agrietamiento en estructuras de concreto

Al igual que otros materiales de construcción, se contrae y expande con los cambios de humedad y temperatura, y se deforma dependiendo de la carga y de las condiciones de apoyo. Pueden ocurrir grietas cuando no se han tomado las medidas necesarias en el diseño y la construcción para soportar dichos movimientos. (Grant T. Halvorson, 1993)

2.2.16. Caudal

Volumen de agua que pasa por unidad de tiempo por una sección normal determinada de una corriente líquida. (Lux M., 2010- Medidores de Flujos en Canales Abiertos). El caudal se expresa en volumen por tiempo. De esta manera, se puede decir que el caudal de entrada es de tantos litros por segundo (l/s) o de tantos metros cúbicos por día (m³/día).

Las formas más usuales de expresar el caudal son:

- Metros cúbicos por día (m³/día), donde la expresión metros cúbicos representa el volumen y la expresión día, el tiempo.
- Litros por segundo (Us), donde la expresión litros representa el volumen y la expresión segundo, el tiempo.
- Litros por minuto (Umin), donde la expresión litros representa el volumen y la expresión minuto, el tiempo.

Es de suma importancia conocer el caudal (Q) que fluye por una determinada fuente de agua, porque ese caudal fluctúa según las épocas del año y las condiciones meteorológicas.⁷

Por ejemplo, en tiempo de lluvias, el caudal es mayor y más pequeño en tiempo de estiaje.

Una vez conocidas las fluctuaciones de caudal del curso de agua durante un periodo largo, se puede definir el caudal útil o disponible que puede ser extraído del referido curso.

2.2.17. Valores de eficiencia de Conducción en Canales

El primer concepto que se utilizó para estimar las pérdidas de agua de un sistema de riego fue el rendimiento de transporte y suministro. La mayor parte del agua procedía en aquel entonces de derivaciones de cursos de agua o de embalses, y las pérdidas de transporte eran con frecuencia excesivas (Israelsen y Hansen, Principios y Aplicaciones del Riego)

En los canales totalmente revestidos, con mampostería de piedra con mortero de cemento o con concreto es de esperarse eficiencias próximas al 95%, hasta 20 Km. y de 90%, hasta 50 Km. (Palacios, 2004)

2.2.18. Medición del Caudal

Es la cuantificación del caudal o cantidad de agua que pasa por la sección transversal de un río, canal o tubería medido en una unidad de tiempo.

También se le conoce como aforo. La medición del agua resulta de la necesidad de brindar mayor control sobre su uso y distribución.

Dicha medición se realiza a través de medidores de flujo, los cuales son dispositivos que utilizan diferentes principios mecánicos o físicos para permitir que un flujo de agua pueda ser

cuantificado.

2.2.19. Métodos para la medición de caudales

Entre los métodos más utilizados para medir caudales de agua de canales utilizados en la investigación, se encuentran los siguientes:

2.2.19.1. Métodos de flotador

El método del flotador se utiliza en los canales, acequias. Y da solo una medida aproximada de los caudales. Su uso es limitado debido a que los valores que se obtienen son estimativos del caudal, siendo necesario el uso de otros métodos cuando se requiere una mayor precisión.

Para ejecutarlo, se elige un tramo del canal que sea recto y de sección transversal uniforme, de alrededor de 30 metros de largo o el que se ajuste a las condiciones del canal, donde el agua escurra libremente.

Se marca en el terreno la longitud elegida y se toma el tiempo que demora un flotador {por ejemplo un trozo de madera) en recorrerla, con el fin de conocer la velocidad que lleva el agua en esa sección Como flotador se puede usar cualquier objeto que sea capaz de permanecer suspendido en el agua, como un trozo de madera, corcho u otro material similar, que no ofrezca gran resistencia al contacto con el aire y que se deje arrastrar fácilmente por la corriente de agua. (Ministerio de Agricultura de Chile (IN/A), en su boletín N°28).

Para conocer la velocidad del agua, deberá dividirse el largo de la sección elegida, en metros, por el tiempo que demoró el flotador en recorrerla, expresado en segundos, como se indica en la siguiente relación:

$$V = \frac{\text{Longitud del Tramo (m.)}}{\text{Tiempo del Recorrido (s.)}} \dots\dots\dots (03)$$

El paso siguiente es determinar el área promedio del canal (A) (sección transversal del canal).

Conocida la velocidad (V) del agua y el área (A) del canal, se aplica la siguiente fórmula para calcular el caudal (Q):

$$Q = V A. \dots\dots\dots (04)$$

2.2.19.2. Método Volumétrico

Este método permite medir pequeños caudales de agua, como son los que escurren en surcos de riego o pequeñas acequias. Para ello es necesario contar con un depósito (balde) de volumen conocido en el cual se colecta el agua, anotando el tiempo que demoró en llenarse. Esta operación puede repetirse 2 ó 3 veces y se promedia, con el fin de asegurar una mayor exactitud (ver Figura 4)

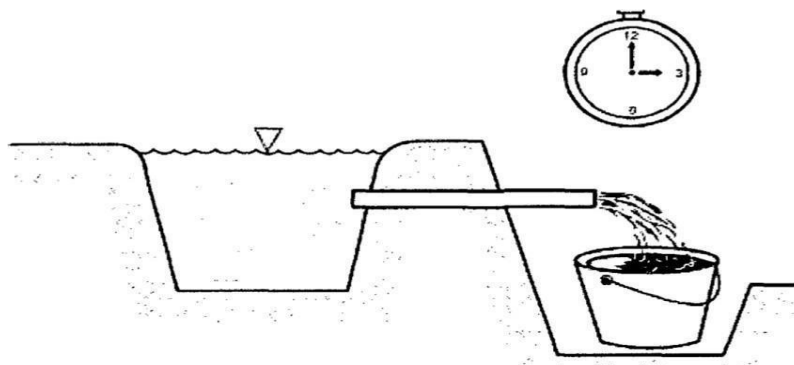


Figura 4 Medición de Caudales Utilizando Balde y Cronometro.

(Fuente: Lux M., 2010)

2.2.19.3. Vertederos Hidráulicos

Como puede verse, existen numerosas formas de medir el flujo, pero los sistemas que hacen uso de estructuras espaciales son, sin duda, los más efectivos y precisos. Si se calibra correctamente, casi cualquier obstrucción que restrinja parcialmente el flujo de agua en un canal se puede usar para medir el flujo.

Sin embargo, existen numerosos métodos y herramientas disponibles para medir el agua. En este caso, solo se describen los más conocidos y sencillos, como los vertederos. Los vertederos son simplemente aberturas simples a través de las cuales fluye el líquido. La frase también se usa para referirse a desbordamientos de embalses y obstrucciones al flujo de la corriente.

Los vertederos son por así decirlo orificios sin el borde superior y ofrecen las siguientes ventajas en la medición del agua:

- ✓ Se logra con ellos precisión en los aforos.
- ✓ La construcción de la estructura es sencilla.

- ✓ No son obstruidos por materiales que flotan en el agua.

Los vertederos son utilizados, intensiva y satisfactoriamente en la medición del caudal de pequeños cursos de agua y conductos libres, así como en el control del flujo en galerías y canales, razón por la cual su estudio es de gran importancia.

Terminología de Vertederos:

- ✓ Cresta (L): Se denomina al borde horizontal del vertedero.
- ✓ Contracción: Lo constituyen los bordes o caras verticales.
- ✓ Carga CHI: Es la altura alcanzada por el agua a partir de la cresta del vertedero.

Debido a la depresión de la lámina vertiente junto al vertedero, la carga H debe ser medida aguas arriba, a una distancia aproximadamente igual o superior a $4H$ (verFig. 5)

- ✓ Ancho (B): Ancho del canal de acceso al vertedero.

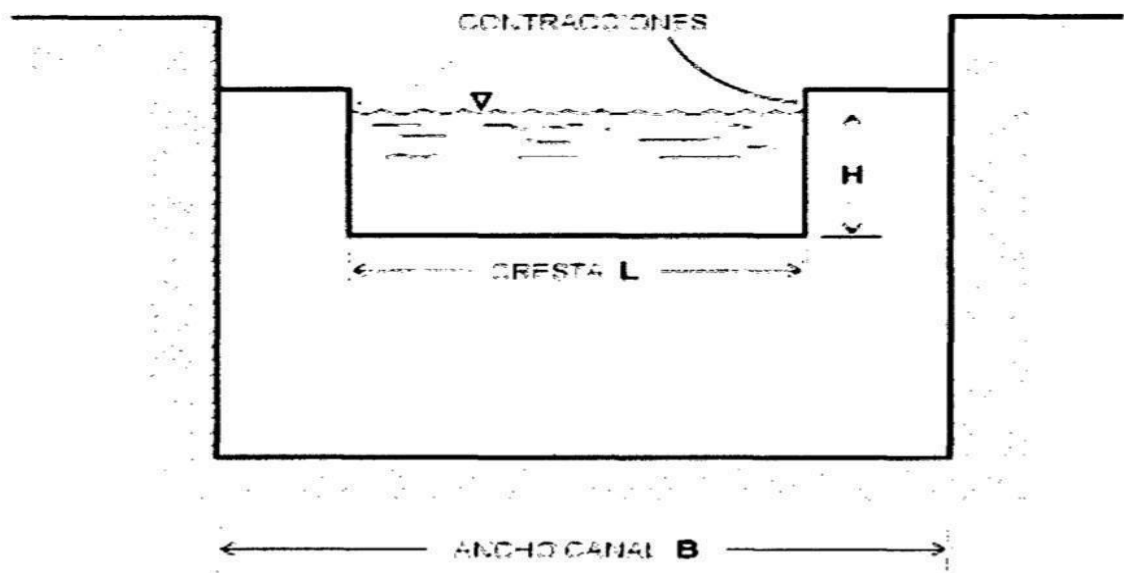


Figura 5. Partes de un vertedero de Sección rectangular
(Fuente: Lux M., 2010)

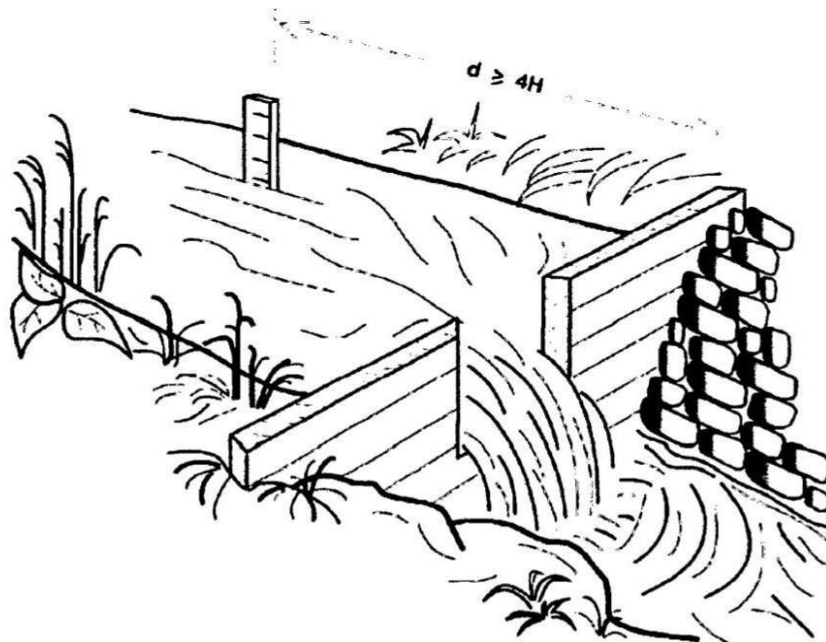


Figura 6. Vertedero de sección rectangular en funcionamiento
(Fuente: Lux M., 2010)

➤ **Vertederos de pared delgada**

Un vertedero de pared delgada consiste básicamente de una lámina plana, rígida, colocada perpendicular a la dirección del flujo y al fondo del canal. Son dispositivos sencillos y de bajo costo de construcción y mantenimiento. Presentan un amplio rango de medición, cuyo valor máximo puede ser 20 veces superior al caudal mínimo, manteniendo en todo momento la precisión requerida.

De modo general puede decirse que los vertederos de pared delgada son las instalaciones más adecuadas para la precisa determinación del caudal, ya que el error debido a la relación de descarga y carga varía entre 1 y 3%, mientras que para otros dispositivos primarios es mayor al 3%. (Vertederos de Cresta Ancha, Parsha/1, Palmer· Bowles, etc.).

Los vertederos de pared delgada se diferencian por el tipo o forma de la placa de descarga, (por ejemplo, trapezoidal, triangular, rectangular, orificios calibrados, etc.).

El ancho de la cresta, medido perpendicular a la cara de la placa, debe medir entre 1 y 2 mm. La pared de aguas arriba de la placa del vertedero debe ser lisa; la cara de aguas abajo deberá ser cortada en cuña con un ángulo no menor a 45° . Los bordes de la placa del vertedero deberán ser pulidos y perpendiculares a la cara de aguas arriba. El más usado para la medición de caudales y además el que se va a usar en este trabajo de investigación es el siguiente:

- **Vertederos de Pared Delgada de Sección Rectangular:**

El vertedero de sección rectangular es uno de los más sencillos para construir y por este motivo es uno de los más utilizados. Es un vertedero con una sección de caudal en forma de rectángulo con paredes delgadas, de metal, madera o algún polímero resistente, con una cresta biselada o cortada en declive, a fin de obtener una arista delgada.

La precisión de la lectura que ofrece está determinada por su nivel de error que oscila entre un 3 y 5 %.

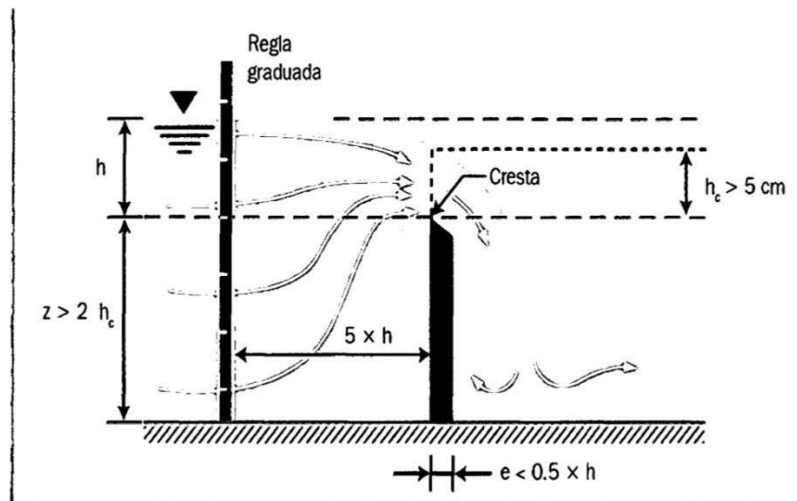


Figura 7. Vertedero con sus elementos e instrumentos de medición.

La ecuación usada para predimensionar el espesor de lámina del vertedero es la siguiente:

$$e < 0.5 h \dots\dots\dots(05)$$

Dónde: e: Espesor del Vertedero.

h: Carga del vertedero, en m.

La ecuación más utilizada para la determinación de caudales usando vertederos, según Gilberto Sotelo, es:

$$Q = 2/3 \sqrt{2g} \mu L h \dots\dots\dots (06)$$

2.2.20. Calibración de Vertederos Hidráulicos de Sección Rectangular

Existen dos formas de calibrar este tipo de vertedero hidráulico, como el vertedero de pared delgada y sección rectangular: ya sea internamente en la empresa, utilizando bancos hidráulicos, o externamente, utilizando laboratorios hidráulicos especializados. basurero.

En el caso de calibración in situ, podemos utilizar cualquier técnica para determinar caudales siguiendo los procedimientos establecidos para estas técnicas.

Cuando el caudal se calcula con uno de los métodos, se compara con el caudal calculado con la fórmula para vertederos de sección rectangular; si los resultados son diferentes, se calcula un factor de corrección para la fórmula utilizada para calcular el flujo con el vertedero. Este factor de corrección sería el resultado obtenido por uno de los métodos dividido por el resultado obtenido por el método del aliviadero de sección rectangular.

El vertedero permanece calibrado y utilizable incluso después de incorporar el factor de corrección en la fórmula utilizada para calcular el caudal con un vertedero de sección rectangular.

2.2.21. Evaluación

La evaluación es la acción de estimar, apreciar, calcular o señalar el valor de algo. La evaluación es la determinación sistemática del mérito, el valor y el significado de algo o alguien en función de unos criterios respecto a un conjunto de normas.

La evaluación a menudo se usa para caracterizar y evaluar temas de interés en una amplia gama de las empresas humanas, incluyendo las artes, la educación, la justicia, la salud, las fundaciones y organizaciones sin fines de lucro, los gobiernos y otros servicios humanos (Pedro Ahumada Acevedo, (1983) Principios y Procedimientos de Evaluación Educacional, Cap. 1- 11 - /11. Pág. 13 -37. Impreso en Chile).

2.3. HIPÓTESIS

Las pérdidas de agua por infiltración, influyen directamente en los costos de producción agrícola respecto al Canal de riego – Cadape.

2.4. VARIABLES

2.4.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Variabilidad económica del canal de riego Cadape

2.4.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Pérdida de agua

2.5. CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
GENERAL	GENERAL	GENERAL	V.D		
¿De qué manera las pérdidas de agua en el Canal de conducción afectan la variabilidad económica en los costos de producción?	Determinar perdidas de agua en el canal de conducción y su variabilidad económica en los costos de producción agrícola, en el canal de riego Cadape distrito de Lambayeque provincia Lambayeque.	Las pérdidas de agua por infiltración, influyen directamente en los costos de producción agrícola respecto al Canal de riego – Cadape.	Variabilidad económica del canal de riego Cadape	<p>Eficiencia de conducción en canales de riego</p> <p>Distribución eficiente del agua.</p> <p>Eficiencia en el uso de agua de riego.</p>	Registro de las pérdidas de agua

	<p>ESPECIFICOS</p> <p>➤ Comparar los caudales de ingreso y salida, del canal de riego.</p> <p>➤ Determinar las pérdidas de conducción por infiltración que se producen en el canal de tierra.</p> <p>➤ Determinar los volúmenes de agua anualmente que se dejan de utilizar en la agricultura por tener una infraestructura sin revestir.</p> <p>➤ Analizar las ratios</p>		<p>V.I</p> <p>Perdida de agua</p>	Hidrometría	<p>Registro hidrométrico</p>
--	---	--	--	-------------	------------------------------

	<p>económicas de la</p> <p>evaluación de</p> <p>producción</p> <p>agrícola.</p> <p>➤ Determinar las</p> <p>variables que</p> <p>influyen en las</p> <p>pérdidas de agua.</p>				
--	--	--	--	--	--

III. METODOLOGÍA

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación será de tipo descriptiva, cuantitativo y cualitativo; cuantitativo ya que se obtendrá valores numéricos para la eficiencia de conducción; y cualitativo ya que se describe el estado de agrietamiento del tramo del canal.

3.2. DESCRIPCIÓN DEL ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. Ubicación Política

- Región : Lambayeque
- Departamento : Lambayeque
- Provincia : Lambayeque
- Distrito : Lambayeque

3.2.2. Ubicación Geográfica

Sus límites son:

- Por el Norte con los Ámbitos de las Comisiones de Usuarios Mórrope y Muy Fínca.
- Por el Sur con el Ámbito de la Comisión de Usuarios Chiclayo.
- Por el Este con los Sub Sectores Hidráulicos Capote y Ferreñafe.
- Por el Oeste con el Océano Pacífico.

El Sub Sector Hidráulico Lambayeque se encuentra ubicado entre las cotas que oscilan entre los 15.00 m.s.n.m. y los 40.00 m.s.n.m., se localiza geográficamente entre los paralelos 06° 44' 29.0" y 06° 42' 54.8" de Latitud Sur , los meridianos 79° 45.0' 34.8" y 79° 58' 31.4" de Longitud Oeste.



Fig. 7 Vista desde arriba de la zona de estudio.

3.2.3. Ubicación Hidrográfica

El Sector Hidráulico Menor Chancay Lambayeque, el cual se ubica en la Cuenca Hidrográfica del "Pacífico", contiene al Subsector Hidráulico Mórrope. Chancay Lambayeque es el nombre de esta unidad hidrográfica.

- Autoridades Administrativas del Agua (AAA): Jequetepeque – Zarumilla
- Administración Local del Agua Chancay-Lambayeque (ALA.)
- Tinajones, principal sector del agua (PEOT.)
- Sector Hidráulico Menor Chancay - Lambayeque (Junta de Usuarios)
- Sub Sector Hidráulico de Lambayeque (Comisión de Usuarios)

- Bloque de Riego Lambayeque (Área de Riego)
- San José es el sector del regadío (Red de Riego Canal L2).
- Red de riego Canal L3, Sector Regadío: Cadape

3.2.4. Climatología

3.2.4.1. Temperatura

La "tropicalización" provocada por el fenómeno de El Niño sólo interrumpe en contadas ocasiones el ambiente árido y cálido de Lambayeque, con baja concentración térmica en verano. Las temperaturas en el valle y en el Subsector Hidráulico son variables, teniendo Tinajones (a 105 km del Océano Pacífico) un promedio anual de 23°C y Lambayeque con su Estación (a 10 km) un promedio de 21°C.

3.2.4.2. Humedad Relativa

Con un promedio anual de humedad relativa de 82%, un mínimo de 61% y un máximo de 85%, el valle de Chancay-Lambayeque, en particular el departamento de Lambayeque, presenta niveles de humedad relativa extremadamente altos. La media anual, calculada a partir de los datos de la estación de Tinajones, es de 71,40%, con un mínimo de 69,90% en noviembre y un máximo de 74,70% en julio.

3.2.4.3. Evaporación

En la estación de Tinajones, Mientras que la evaporación oscila generalmente entre 2 y 4 mm/día en la parte alta del valle y 4 mm/día en la zona de regadío, allí es de una media de 6,7 mm/día.

3.2.4.4. Precipitación Pluvial

La precipitación pluvial en el valle de Chancay Lambayeque es muy versátil dependiendo de la zona y la estación del año debido a la estructura geológica del valle, presentándose los picos de precipitación pluvial en la zona alta de enero a abril durante todo el verano. La precipitación total anual en la zona de riego de la costa es de 33.05 mm, es decir 1 milímetro de precipitación, o 1 litro/m², según estadísticas de la cuenca Chancay Lambayeque. En la estación de Llama, donde las precipitaciones alcanzan una media de 187,4 mm en marzo, con una media anual de 734,13 mm, se observa un importante nivel de precipitaciones en la zona alta de la zona regable. Entre junio y agosto, durante la época de estiaje que corresponde con el invierno, se registran las menores precipitaciones, con niveles en julio de 5.9 milímetros. En el tramo superior del mencionado Sector Hidráulico Chancay Lambayeque, la temporada de lluvias va de enero a abril. Por otro lado, la estación seca dura de mayo a septiembre y de octubre a diciembre.

3.2.5. Recursos Hídricos

Según el Balance Hídrico de la Cuenca ALA-Chancay-Lambayeque, la esorrentía de la cuenca natural del río Chancay, así como las aguas desviadas de los ríos Chotano y Conchano, y las aguas subterráneas son fuentes de agua para la Comisión de Usuarios de Lambayeque o las reservas utilizables del acuífero o las aguas de recuperación. o La fuente de agua potable del embalse de Tinajones.

3.2.6. Suelos

Al tratarse de suelo agrícola y ser duro y compacto debido a las características físicas del terreno, no hay ninguna posibilidad de que se produzca un corrimiento de tierras o un fallo geográfico en el suelo donde se encuentra el canal.

La concentración global de sal en el suelo es del 0,042%, lo que casi provoca una explosión de sulfato casi nula. Un m³ tiene una densidad de 1,83 toneladas/m³.

3.2.7. Vías de acceso

Para llegar rápidamente al canal Cadape se llega desde la salida de la ciudad de Lambayeque de la carretera Panamericana Norte, recorriendo unos 20 minutos por el tramo del canal San José.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. Población

- ✓ N° de usuarios : 2,067
- ✓ Área bajo riego : 7,979.57 ha
- ✓ Red de riego total Lambayeque : km
- ✓ Caudal de entrada: 12 m³/s
- La Comisión de Usuarios de Lambayeque ofrece tres canales de segundo orden.:
 - ✓ San José
 - ✓ San Nicolás
 - ✓ San Rumualdo
- Hay 18 laterales de tercer orden en el canal L2 "San José".:

✓ El Tubo	✓ Compuertita
✓ Eureka	✓ San José Chico
✓ Desaguadero	✓ Cadape
✓ San Antonio	✓ Calavera
✓ Ramírez	

- | | |
|-----------------|--------------------|
| ✓ San Miguel | ✓ Sauzal |
| ✓ La Victoria | ✓ Santa maría II |
| ✓ San Goñope | ✓ Garbanzal |
| ✓ Chengala | ✓ Yencala Boggiano |
| ✓ SANTA maría I | |

3.3.2. Muestra

- La muestra a estudiar de acuerdo al padrón de usuarios del Canal L3 Cadape lo conforman:

- ✓ Nº de usuarios: 147|
- ✓ Área bajo riego: 675.76 ha
- ✓ Tramo de Estudio - Canal L3 Cadape: 1.140 km
- ✓ Caudal de entrada: 1.200 m³/s

3.3.3. Unidad de Análisis

Canal de riego Cadape, sin revestir

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. Técnicas

Los enfoques que emplearemos son cruciales para el éxito de nuestra investigación, ya que nos permiten analizar con mayor eficacia los datos recopilados.

La observación directa y la recopilación de datos fueron las tácticas utilizadas.

- **Observación directa**, con el objetivo y lugar de estudio que forman parte de mi investigación.
- **Recolección de datos**, para poder determinar las pérdidas de agua y su

variabilidad económica.

3.4.2. Instrumentos

- 01 correntómetro marca OTT MF-PRO
- 01 cámara Fotográfica
- 01 laptop
- Un cordel con marcas movibles para medir distancias de aforo
- Pintura esmalte
- Libretas de campo
- Formatos de registro
- 01 wincha metálica de 5 m
- 01 wincha de 50 m
- 01 palana
- 02 estacas o puntas de fierro
- Clavos

3.4.2.1. Software

- | | |
|--------------------|-----------------|
| • AutoCAD Civil 3D | • Google Mapper |
| • H Canales | • Exel |
| • Google Earth Pro | • Word |

3.5. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO

La validez y fiabilidad del instrumento se garantizan mediante el empleo de instrumentos complementarios bajo la dirección de especialistas certificados, como

un topógrafo.

- ✓ Mg. Cumpa Reyes, Jorge (Docente de la Facultad de Ingeniería Agrícola.
- ✓ Ing. Luis Cossio (Jefe del área de Producción y mantenimiento)

3.6. PLAN DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

Recogida de información para calcular las pérdidas de agua del canal: Permitirá comprender mejor las pérdidas de agua del canal de riego. Las siguientes tareas se llevarán a cabo mediante observación directa y recogida directa de datos:

Encontramos el tramo no revestido del canal entre el kilómetro 0 y el kilómetro 1+140 que hay que estudiar y evaluar.

- ✓ A la hora de elegir la ubicación del segmento a investigar se tuvieron en cuenta la accesibilidad a la zona y los parámetros mencionados en el planteamiento del problema.
- ✓ Tomar medidas precisas del segmento de canal sobre el terreno, así como del inicio (entrada) y el final (salida) de la sección.
- ✓ Realizar varias mediciones de aforo del canal utilizando el método del correntímetro para calcular el caudal aproximado del canal, lo que nos permitirá recopilar datos para justificar las pérdidas monetarias.
- ✓ Calcule el caudal de entrada y de salida del tramo tomando dos mediciones el mismo día en el punto inicial (caudal de entrada) y en el punto final (caudal de salida) del tramo.
 - ✓ Realizar el registro fotográfico en cada toma de medidas.
 - ✓ Mediante caudales obtenidos realizando los aforos, se determinó la eficiencia de conducción.
 - ✓ Para la obtención de los resultados finales, se deberá realizar el tratamiento estadístico correspondiente a la investigación.

3.7. FORMAS DE TRATAMIENTO DE DATOS

- Con los datos adquiridos promediados, se han tenido en cuenta los valores de eficiencia de conducción.

3.8. FORMAS DE ANÁLISIS DE DATOS

- Utilizando la herramienta Microsoft Excel, se procesarán y analizarán los datos recogidos para determinar la eficacia de la conducción de canales.
- Se utilizará Microsoft Word y Excel para manejar y evaluar los datos recogidos durante la evaluación del estado del canal.
- En función de las lecturas de aforo en las entradas de agua a las distintas parcelas, así como en la entrada de agua al canal, se determinarán las pérdidas y la variabilidad económica.

➤ La realización de aforos: Un pilar básico de la hidrología

Determinar los caudales en las secciones transversales de canales, acequias y otras zanjás que forman parte de una determinada red de estaciones de aforo utilizando el aforo directo.

La medición directa puede utilizarse para crear nuevas curvas de caudal para las próximas estaciones de aforo en canales, acequias y azarbes, además de mantener las curvas de caudal (nivel del agua y caudales) de los puntos de aforo actuales.

En este artículo se analiza el método de realización y cálculo del aforo directo, algunos requisitos para la realización del aforo directo, una sugerencia para estimar el caudal circulante durante las crecidas, la planificación de la campaña de aforo directo para el año hidrológico, la necesidad de recursos humanos y materiales, la importancia de la coordinación entre los Equipos de Levantamiento (campo) y los Equipos de Hidrología (oficina) y, por último, los resultados de la campaña de aforo directo. La importancia de la comunicación entre los Equipos de Hidrología

(oficina) y los Equipos de Sondeo (campo) y, por último, los resultados de la campaña de sondeo directo.

➤ **Metodología para la realización y cálculo de aforos directos**

A continuación, se presenta un enfoque para el aforo directo. El equipo de aforo debe utilizar un molinete hidrométrico para medir lo siguiente a fin de determinar el caudal en una sección transversal:

- Profundidad del río medida utilizando verticales y una varilla o sonda en la sección transversal. la velocidad del molinete en uno o más puntos a lo largo de cada vertical.
- Los datos de anchura, profundidad y velocidad de la sección transversal permiten determinar el caudal correspondiente a cada segmento. El caudal total que atraviesa la sección transversal aforada puede calcularse sumando los caudales correspondientes a cada segmento (integral).

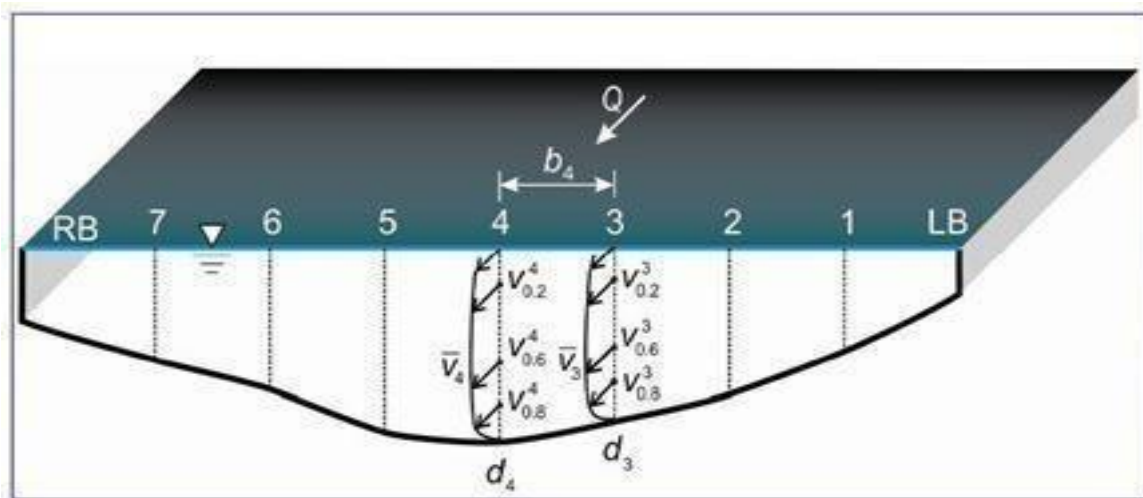


Figura 8. Sección transversal y divisiones verticales para realización de un aforo directo.

Esta metodología implica que:

– Las velocidades medias en las verticales se determinarán midiendo la velocidad al 60% de la profundidad, medida respecto a la superficie libre del agua, para:

* Valores de profundidad inferiores o iguales a 75 cm en caso de aforo realizado de forma suspendida con grúa y salmón.

- Valores de profundidad inferiores o iguales a 55 cm en caso de aforo realizado vadeando y aforo realizado con caña desde pasarela o puente. La velocidad al 20%, 60% y 80% de la profundidad, medida con respecto a la superficie libre del agua, se utilizará para calcular las velocidades medias en las verticales para los siguientes valores de profundidad:
- Valores de profundidad superiores a 55 cm en el caso de aforos realizados por vadeo y aforos realizados con barra desde pasarela o puente.
- Valores de la profundidad superiores a 75 cm en el caso de aforos realizados de forma suspendida con grúa y salmón.

Entonces, las velocidades medias se obtienen como:

$V_{m,i} = V_{0,6,i}$ si profundidad < 55 cm (vadeo o barra) o si profundidad < 75 cm (suspendido)
 $V_{m,i} = 0,25 \times V_{0,2,i} + 0,50 \times V_{0,6,i} + 0,25 \times V_{0,8,i}$ si profundidad > 55 cm (vadeo o barra) o si profundidad > 75 cm (suspendido)

Siendo:

$V_{m,i}$ = Velocidad media del agua en la vertical número “i” (m/s).

$V_{0,2,i}$, $V_{0,6,i}$, $V_{0,8,i}$ = Velocidades del agua en la vertical número “i”, al 20%, al 60% y al 80% de la profundidad medida respecto a la superficie libre del agua (m/s).



Figura 9. Aforo directo realizado mediante vadeo (izquierda), barra desde paralela (derecha).

Una plantilla para la recopilación de datos de la medición directa realizada debe estar disponible para el equipo de medición. La información de capacidad (tipo de molinete, revoluciones por punto medido, profundidad de cada vertical, distancia entre verticales, etc.), que calcula el flujo, se puede ingresar en un programa de computadora. El Equipo de Hidrología debe revisar tanto los datos de aforos como su cálculo antes de gestionar y controlar los aforos directos mediante la creación y el mantenimiento del cuadro de aforo de la base de datos, así como la evaluación y el ajuste de las curvas de gastos. Para realizar todas estas labores se pueden utilizar aplicaciones para el cálculo, el seguimiento y la gestión de los aforos.

➤ **Criterios para la realización de aforos directos**

Luego, en la actual red de puntos de aforo, se establecen una serie de criterios para realizar aforos directos. Tanto el Equipo de Hidrología como el Equipo de Aforos son responsables de velar por que se cumplan estos requisitos.

- La cantidad de verticales que se utilizan para medir la profundidad y la velocidad afecta la precisión con la que se mide el flujo. Para definir la variación en la elevación del lecho del arroyo y la variación horizontal en la velocidad, es necesario colocar verticales de observación. En general, la distancia entre dos verticales cualesquiera que se suceden no debe ser superior a $1/20$ del ancho total, y el flujo entre esos dos verticales no debe ser superior al 10 % del flujo total.

- La anchura del canal y la distancia entre las verticales se miden a partir de un punto de referencia fijo, como un punto inicial en la orilla que debe estar en el mismo plano que la sección transversal. Para medir la distancia entre las verticales se utiliza una cinta graduada que abarca la anchura del canal o marcas pintadas en la barandilla de la pasarela o puente desde el que se realiza el aforo directo.

- Antes de comenzar las mediciones, el medidor de corriente debe colocarse en el lugar deseado en la vertical y alineado en la dirección de la corriente. El eje horizontal del rotor no puede ser menor de una o una vez y media su altura desde la superficie del agua ni menor de tres veces su altura desde el fondo del canal.

- Contando las rotaciones de una hélice de eje horizontal durante un período de al menos 60 segundos, medidas con un cronómetro, se obtiene la velocidad del flujo en un punto dado. Para cubrir el rango de velocidades de flujo a medir, se calibran las paletas. En ISO 3455 (2007), se describen técnicas de calibración exhaustivas. De acuerdo con el Reglamento Técnico, Volumen III Hidrología, Anexo I de la Organización Meteorológica Mundial (2006), los medidores de corriente calibrados deben ser recalibrados después de tres años o 300 horas de uso o cuando exista incertidumbre sobre su correcto funcionamiento.

— El emplazamiento para el aforo directo debe elegirse entre los que mejor cumplan los siguientes criterios: velocidades paralelas en todos los puntos y que formen un ángulo recto con la sección transversal de la corriente, curvas regulares de distribución de la velocidad en la

sección en los planos vertical y horizontal, velocidades superiores a 0,15 m/s, lecho del río uniforme y estable, profundidad superior a 0,30 m, ausencia de plantas acuáticas (algas, etc.) y velocidad superior a 0,15 m/s.

➤ **Propuesta para estimar el caudal circulante durante las avenidas**

Durante las crecidas, es crucial realizar aforos en los puntos de medición más precisos de los canales, quizá con la ayuda de un aparato o catamarán equipado con sensores hidro acústicos que utilicen la tecnología Doppler.

Estos medidores permitirían verificar y mejorar la parte de la curva de caudal asociada a caudales elevados que no puede controlarse con el método descrito en los apartados anteriores en situaciones de crecida en un segmento concreto del canal.

◆ **MÉTODO DEL CORRENTOMETRO**

Con el fin de recopilar datos hidrométricos y geográficos en la zona objeto de la tesis, se utilizó el siguiente enfoque de campo:

✓ **TÉCNICA DE AFORO**

❖ **Aforo por vadeo**

Cuando la profundidad es poca y el fondo resistente, se utiliza esta técnica porque facilita sumergir el correntímetro en el canal. Aquí, es fundamental tener una sección transversal claramente definida que permita calcular la posición de las verticales a través de las cuales se mide la profundidad y la velocidad del agua. El especialista o técnico ingresa al canal con todas las herramientas de medición, varillas de hierro y medidores de corriente para calcular estos parámetros hidrométricos. Usan una cuerda u otra herramienta métrica como base de referencia y

toman medidas en cada dirección vertical ya través de la sección transversal del canal (SENAMHI, 2018).

❖ **Vadeo a un punto**

Los caudales de los canales medidos durante el estudio presentaron valores por debajo de 0,70 m, por lo que se trata de una técnica de aforo al 60% del caudal o profundidad. Para dar mayor sustento técnico y rigor científico, se tomó en consideración el Manual de Hidrometría del SENAMHI - 2018, donde recomiendan para estos casos que la medición de la velocidad del agua se realice posicionando el correntímetro a 0,6 de profundidad desde la superficie, considerando esta medidam2018 (SENAMHI).

✓ **Procedimiento de aforo**

Para la realización de los aforos en los canales durante la fase de campo, se aplicó el siguiente procedimiento:

1. Acondicionamos y/o comprobamos las condiciones idóneas de la estación de aforo.
2. Para evitar la catenaria, tendemos el cable o cuerda de nylon a lo largo de toda la sección transversal del canal, manteniéndolo anclado en sus extremos y lo más horizontalmente posible.
3. Una vez instalada correctamente la cuerda, medimos la anchura del canal con un cabrestante o una cinta métrica para indicar la distancia entre las estaciones de aforo en la sección del canal.
4. Las marcas empleadas para establecer los tramos y el distanciamiento entre puntos de aforo, fueron unos recortes pequeños de jebe, que están incrustadas axialmente en la cuerda de nylon y que, de acuerdo al ancho del canal medido se pudo definir los puntos o número de estaciones tomando en cuenta la siguiente tabla:

Nº de Puntos Según Ancho de Canal

Pies Medidores Número de estaciones

$< 1,6$	$< 0,5$	5 a 6	
$> 1,6$	y hasta 3,3	$> 0,5$ y < 1	6 a 7
$> 3,3$	y 9,8	> 1 y < 3	7 a 12
$> 9,8$	y $< 16,4$	> 3 y < 5	13 a 16
$> 16,4$	≥ 5	≥ 22	

Fuente: (OTT Hydromet, 2018) - estándares EN – ISO 748

5. Teniendo en cuenta los requisitos y consejos técnicos del manual de usuario, instalamos correctamente el correntímetro y todos sus accesorios en la estación de medida climatizada,
6. Configuramos correctamente el correntímetro en función del tipo de canal y de las propiedades geométricas de la sección transversal de aforo.
7. En función de la anchura y profundidad del canal, puede ser necesario un ayudante. El ayudante de aforo entra en el canal y se coloca perpendicular al flujo de agua en posición lateral, manteniendo la separación requerida para evitar alteraciones en la velocidad del agua a lo largo de la medición del caudal.
8. Mediante el proceso de medición y registro descrito a continuación, confirmamos que el correntímetro electromagnético se manejaba correctamente para tomar y registrar los caudales detectados en el canal:

✓ **Registro de Puntos de Aforo**

N^o de Punto o Estación de medición Distancia (m)

- ✓ Tabla de espaciamientos de sondeos de aforo, proporcionados por la “Secretaria de Recursos Hídricos” de México. D.F

ANCHO	ESPACIAMIENTO
0,00- 1,20 m	0,10 m
1,20-3,00 m	0,20 m
3,00-5,00 m	0,30 m
5,00 - 8,00 m	0,40 m
8,00-12,0 m	0,50 m
12,0-18,0 m	0,80 m
18,0-25,0 m	1,00 m
25,0 – 35,0 m	1,50 m
35,0 – 50,0 m	2,00 m
50,0 – 70,0 m	3,00 m
100,00 m a más	4,00 m

FINALIDAD DE LA MEDICIÓN DE AGUA

Cálculo de la cantidad de escorrentía procedente de las precipitaciones y del tamaño de las crecidas naturales de los arroyos.

PROCEDIMIENTO Y TRABAJOS DE LABORATORIO Y GABINETE

✓ Trabajos de Laboratorio

a) Determinación de la textura de Suelo

La textura de suelo se dio de acuerdo a los resultados brindados de los estudios realizados por la Comisión de Regantes de Lambayeque.

✓ Trabajos de Gabinete

a) Cálculo de la Eficiencia de Conducción

La eficiencia de conducción (E_c), está dada por la cantidad de agua que entra en el canal (Q_e) y la cantidad de agua que sale (Q_s) del canal mediante la siguiente expresión:

$$E_c = \frac{Q_s}{Q_e}$$

b) Cálculo del VAN

Valor Actual Neto, también conocido como VPN, es la abreviatura de este concepto. Es uno de los indicadores financieros más conocidos y utilizados para evaluar y conocer la viabilidad y rentabilidad de un proyecto de inversión. Se calcula actualizando los flujos de ingresos y gastos proyectados del proyecto, menos la inversión inicial. El proyecto es viable si el resultado de esta operación es favorable, es decir, si refleja una ganancia.

De esta forma, la empresa está en condiciones de evaluar la viabilidad de su proyecto y el retorno de su inversión desde el primer momento. Mediante el uso de una fórmula matemática, el VAN permite a los usuarios determinar la rentabilidad potencial. En esta fórmula se utilizan los valores de los flujos de efectivo (ingresos y egresos de efectivo) actualizados a la fecha actual,

descontados a una tasa de interés predeterminada. Y con los resultados cuantificados en términos de unidades de valor monetario.

La fórmula más utilizada para calcular el VAN es:

$$\text{VAN} = \text{Beneficio Neto Actualizado (BNA)} - \text{Inversión (I}_0\text{ Inicial)}$$

Cuando el valor de venta futuro está predeterminado y se utiliza un tipo de descuento para traer el valor del activo al presente, el resultado es el BNA, que es el valor del flujo de caja descontado. En otras palabras, se estima el valor actual utilizando un tipo de interés invertido y el valor al que se podría vender en el futuro.

Podemos establecer la viabilidad del proyecto en cuestión examinando tres posibles resultados de esta operación:

- $\text{VAN} = 0$. Si el resultado es igual a cero (0), se determina que el proyecto no dará ganancias ni pérdidas, o sea, es indiferente.
- $\text{VAN} > 0$. Cuando el valor obtenido es mayor a cero (0) se asume que el proyecto será rentable.
- $\text{VAN} < 0$. Si el valor obtenido es menor a cero (0) se considera el proyecto no viable.

c) Cálculo del TIR

Una de las estrategias que se aconsejan con frecuencia para evaluar proyectos de inversión es la tasa interna de rentabilidad, o TIR. Se utiliza ampliamente para evaluar la viabilidad de un proyecto y calcular la tasa potencial de rendimiento o rentabilidad.

La TIR, que está estrechamente relacionada con el VAN, también se describe como el valor del tipo de descuento que hace que el VAN de un determinado proyecto de inversión sea cero.

Se utiliza un valor porcentual para representar el resultado.

Es sumamente confiable cuando la empresa quiere determinar la rentabilidad y viabilidad de un proyecto de inversión. El TIR utiliza el flujo de caja neto proyectado y el monto de la inversión del proyecto. Aunque, esa confiabilidad se ve disminuida si se compara la rentabilidad de dos proyectos diferentes, debido a que no toma en cuenta la variación entre las dimensiones de ambos. En conclusión, TIR es el porcentaje de beneficio o pérdida que se puede obtener de una inversión.

Calcularla es un proceso un tanto laborioso aun cuando es el mismo del VAN, pero llevándolo a cero (0). Recordemos que en principio la TIR viene a ser la tasa de descuento que hace que el valor del VAN sea igualado a cero (0). Razón por la cual su resultado siempre será expresado de manera porcentual. El objetivo de la TIR es mostrar el valor de rendimiento de la inversión realizada comparable a una tasa de interés expresado en porcentajes.

✓ **Fórmula del TIR o Tasa Interna de Retorno**

En donde:

F_n es el flujo de caja en el periodo n.

F_n es el flujo de caja en el periodo n.

n es el número de períodos.

I es el valor de la inversión inicial.

Y sus resultados se interpretan de la siguiente manera identificando “ r ” como el costo de oportunidad.

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{F_n}{(1+r)^n} = 0$$

Georreferenciación

✓ Georreferenciación

La técnica de georreferenciación consiste en el uso de coordenadas para localizar geográficamente cualquier entidad de la tierra, a través de un DATUM y sistema de coordenadas definidas, y para el presente estudio de tesis se utilizó un GPS navegador en modo promedio para localizar los objetos de interés, como las estaciones de aforo, los canales, y toda la infraestructura de riego e hidráulica correspondiente al ámbito de estudio.

✓ Levantamiento con GPS

En el presente estudio de tesis también fue necesario la realización de un levantamiento planimétrico de la infraestructura de riego e hidráulica correspondiente al ámbito de estudio, para lo cual se empleó el GPS Navegador en modo Track y Ruta.

✓ Resumen del procedimiento de campo

- 1) Reconocimiento y verificación del estado situacional de la infraestructura hidráulica.
- 2) Reconocimiento y verificación del estado situacional de la red e infraestructura de riego del Canal.
- 3) Selección y acondicionamiento de las estaciones de aforo en el canal tomando en cuenta los siguientes criterios de (Chávez Díaz, 1994):
 - ◆ La Sección de Aforo debe ser perpendicular a la trayectoria del canal.⁷
 - ◆ El Tramo de Control debe ser suficientemente recto y uniforme a lo largo del cauce.
 - ◆ Verificar las Instalaciones y Facilidades para las mediciones.

4) Georreferenciación de las estaciones de aforo y de puntos de interés en el Canal de Derivación Principal De Lambayeque.

5) Toma y registro de Coordenadas UTM en DATUM WGS 84, de las estaciones de aforo y de puntos de interés en la red de riego del Canal, aplicando el método de doble constelación a través del modo promedio, para aumentar la precisión planimétrica nivel satelital, por ello se elaboró y empleó la siguiente ficha técnica de georreferenciación:

GEORREFERENCIACIÓN DE ESTACIONES DE AFORO (EA)			
EA-0			
Tesis: Determinación de las Pérdidas de Agua y su Variabilidad Económica del canal de riego Cadape - distrito de Lambayeque - provincia de Lambayeque			
ENTIDAD:			DESCRIPCIÓN DE LA EA:
ELABORADO POR:	Marlon Iván Malca López		CANAL
NOMENCLATURA	KM EN CANAL	TR o TSR	SECTOR
EA-0			Cadape
ZONA UTM	DATUM		PROVINCIA
17M	WGS 84		Lambayeque
NORTE (Y)	ESTE (X)		EQUIPO GPS NAVEGADOR
			Garmin
CROQUIS DE UBICACIÓN:			FOTOGRAFÍA:
OBSERVACIONES			

DISCUSIONES

- En la agricultura, la disponibilidad de agua es esencial para la productividad de los cultivos, y el canal de riego Cadape juega un papel crucial en Lambayeque. Sin embargo, las posibles pérdidas de agua en el canal Cadape podrían tener consecuencias económicas importantes para los agricultores de la región. Se enfoca en descubrir las causas de estas pérdidas de agua y examinar cómo estas afectan directamente los costos de producción agrícola en Lambayeque.

Para optimizar el uso del agua en la agricultura y asegurar la sostenibilidad económica y ambiental en la región, se necesitan tecnologías innovadoras, ajustes a las políticas existentes y colaboración entre diversos actores.

- Para una gestión eficiente del agua en la agricultura, es necesario mantener registros hidrológicos e hidráulicos en el canal de riego Cadape. No obstante, la existencia de áreas sin revestir en la infraestructura podría causar inconvenientes en la operación agrícola. Esta discusión se centra en la importancia de mantener un registro anual del comportamiento hidrológico e hidráulico del canal, destacando las consecuencias de la falta de revestimiento en algunos tramos y discutiendo posibles soluciones para optimizar su gestión.

Se pueden implementar soluciones innovadoras y tecnológicas para optimizar el uso agrícola del agua al abordar los desafíos relacionados con la falta de revestimiento, lo que garantiza la continuidad y la productividad agrícola en la región.

CONCLUSIONES

- ❖ Se ha demostrado que una de las principales causas de pérdida de agua en el canal de riego CADAPE es la infiltración en el canal de tierra. Estas pérdidas pueden afectar la cantidad de agua disponible para la agricultura y deben ser reducidas mediante la implementación de revestimientos y mantenimientos adecuados de la red de riego.

- ❖ El análisis de los caudales de acceso y salida del canal de riego ha permitido determinar que no existe un control adecuado en la entrega de riegos establecidos, tanto en el canal principal Cadape, como en sus laterales, lo que indica que hay pérdidas de agua a lo largo del canal. Estas pérdidas deben ser abordadas para mejorar la eficiencia del sistema de riego.
- ❖ La Eficiencia de Conducción de acuerdo a los valores obtenidos por medio de los diferentes aforos se encuentra en un 88.9 % y la Eficiencia de Distribución en el sistema de riego del canal Cadape es de 86.8 %, valor que refleja la gran pérdida de agua en todas las eficiencias que interactúan en el sistema.

Reemplazamos valores en la siguiente fórmula:

$$Ef_{c-d} = (Ef_c)(Ef_d)$$

$$Ef_{c-d} = (0.889)(0.868)$$

$$Ef_{c-d} = 0.771$$

$$Ef_{c-d} = 77.1 \%$$

Este valor quiere decir que, de cada 100 litros de agua disponible para el riego, solo es aprovechado 77.1 litros y 22.9 litros se pierden en la conducción, distribución, y aplicación del riego.

Mientras que la eficiencia de riego de todo el sistema del canal la concluimos de las diferentes eficiencias por medio de la siguiente formula:

$$Ef = (Ef_c)(Ef_d)(Ef_{ap})$$

$$Ef = (0.889)(0.868)(0.52)$$

$$Ef = 0.401$$

$$Ef = 40.1 \%$$

- ❖ Las señales colocadas para mostrar los volúmenes de agua que se utilizaron el tiempo del proyecto dan a notar que debido a la falta de revestimiento en la infraestructura

han destacado la importancia de mejorar la infraestructura del canal para evitar pérdidas innecesarias de agua.

- ❖ Se ha demostrado que las pérdidas y déficits hídricos en el canal de riego CADAPE tienen un impacto económico en la producción agrícola. Las variaciones en la disponibilidad de agua pueden afectar los costos de producción agrícola, lo que destaca la necesidad de gestionar adecuadamente los recursos hídricos para optimizar la producción.

Área de terreno	Vol. De Agua por Ha (m3)→(1)	R.U.P. / HORA→(2)	Ingreso Total = (1) * (2) /540
675.76	16128.40	S/. 22.8	S/. 367727.52
675.76	13956.20	S/. 22.8	S/. 318201.36
Diferencia	2172.2	S/. 22.8	S/. 49526.16

El valor económico equivalentes a las pérdidas ascienden a S/. 49526.16 nuevos soles.

RECOMENDACIONES

- ✓ Las recomendaciones son implementar revestimientos adecuados, debido a que la infiltración en el canal de tierra es una de las principales causas de pérdida de agua. Para reducir estas pérdidas y aumentar la cantidad de agua disponible para la agricultura, se recomienda colocar revestimientos adecuados en el canal.
- ✓ Realizar mantenimiento y reparaciones: el mantenimiento regular del canal de riego es crucial para detectar y reparar posibles fugas y pérdidas de agua. Esto ayudará a reducir el desperdicio y optimizar el uso del agua.
- ✓ Monitorear el caudal y la eficiencia: la implementación de sistemas de monitoreo del caudal y la eficiencia del canal permitirá identificar oportunidades de mejora y, cuando sea necesario, tomar medidas correctivas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. INIA. (S.F.). Uso eficiente del agua en riego tecnificado. Recuperado de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/34608/NR14182.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
2. Grassi, C. (1973). Riego por surcos en suelos pesados. Mérida, Ven.: CIDIAT. (Materiales de enseñanza. Doc.73).
3. Palacios, E. (2004). La Eficiencia en el Uso del Agua en los Distritos de Riego. México: Colegio de posgraduados Montecillo.
4. Ministerio de Agricultura y Riego. (2015). Resolución Ministerial Nº 719-2015-MINAGRI. Recuperado de https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/marcolegal/normaslegales/resolucionesministeriales/2015/diciembre/tomo3_rm719-2015-minagri.pdf.
5. Ruiz Romera, E., & Martínez Santos, M. (1976). Hidrología aplicada: TEMA 4. Infiltración y humedad del suelo. Perú.
6. Goicochea Infante, R. R. (2013). DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL CANAL DE RIEGO HUAYRAPONGO, DISTRITO DE BAÑOS DEL INCA • CAJAMARCA.Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA: <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/513/T%20627.52%20G615%202013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
7. Olivera Villalobos, J. R., & Sandoval Santisteban, P. (2021). Evaluación y mejoramiento del canal de riego Montegrande del Distrito de Mórrope - Lambayeque. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12893/9255>.
8. Tineo Ordoñez, A. W. (2021). Estudio y evaluación de las eficiencias por conducción y distribución del recurso hídrico en el canal L1 Chacupe del subsector hidráulico Monsefú. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12893/9553>.

ANEXOS

TABLAS DE AFORO

Nombre perfil: CADAPE
Nombre operador: MM
16:38:39 02.09.2021
Referencia fase: 41,00 m
Modelo: MF pro
n/s: 000000337270
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,06
Tipo sensor: Veloc. y profund.
n/s: 163370338052
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,02
Filtr.: FPA Parám.: 15 s
Pre-filtro: Activado Rang.: 5
IEM: 60 Hz
Entrada estación: No fijo
Cálculo de flujo: Mitad secc.
Margen de inicio: Agua margen dcho.
Nº de estaciones: 9
Ancho corr.: 1,000 m
Descarga total: 0,138 m ³ /s
Área total: 0,383 m ²
Prof. media: 0,383 m

Nombre perfil: CADAPE
Nombre operador: MM
09:18:25 05.09.2021
Referencia fase: 0,480 m
Modelo: MF pro
n/s: 000000337270
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,06
Tipo sensor: Veloc. y profund.
n/s: 163370338052
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,02
Filtr.: FPA Parám.: 15 s
Pre-filtro: Activado Rang.: 5
IEM: 60 Hz
Entrada estación: No fijo
Cálculo de flujo: Mitad secc.
Margen de inicio: Agua margen dcho.
Nº de estaciones: 9
Ancho corr.: 1,000 m
Descarga total: 0,179 m ³ /s
Área total: 0,458 m ²
Prof. media: 0,458 m

Nombre perfil: CADAPE
Nombre operador: MM
08:03:36 09.09.2021
Referencia fase: 0,900 m
Modelo: MF pro
n/s: 000000337270
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,06
Tipo sensor: Veloc. y profund.
n/s: 163370338052
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,02
Filtr.: FPA Parám.: 15 s
Pre-filtro: Activado Rang.: 5
IEM: 60 Hz
Entrada estación: No fijo
Cálculo de flujo: Mitad secc.
Margen de inicio: Agua margen dcho.
Nº de estaciones: 9
Ancho corr.: 1,000 m
Descarga total: 0,123 m ³ /s
Área total: 0,398 m ²
Prof. media: 0,373 m

Nombre perfil: CADAPE
Nombre operador: MM
11:30:12 06.09.2021
Referencia fase: 0,460 m
Modelo: MF pro
n/s: 000000337270
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,06
Tipo sensor: Veloc. y profund.
n/s: 163370338052
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,02
Filtr.: FPA Parám.: 15 s
Pre-filtro: Activado Rang.: 5
IEM: 60 Hz
Entrada estación: No fijo
Cálculo de flujo: Mitad secc.
Margen de inicio: Agua margen dcho.
Nº de estaciones: 9
Ancho corr.: 1,000 m
Descarga total: 0,186 m ³ /s
Área total: 0,468 m ²
Prof. media: 0,468 m

Nombre perfil: CADAPE
Nombre operador: MM
15:43:02 17.09.2021
Referencia fase: 0,710 m
Modelo: MF pro
n/s: 000000337270
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,06
Tipo sensor: Veloc. y profund.
n/s: 163370338052
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,02
Filtr.: FPA Parám.: 15 s
Pre-filtro: Activado Rang.: 5
IEM: 60 Hz
Entrada estación: No fijo
Cálculo de flujo: Mitad secc.
Margen de inicio: Agua margen dcho.
Nº de estaciones: 9
Ancho corr.: 0,900 m
Descarga total: 0,230 m ³ /s
Área total: 0,496 m ²
Prof. media: 0,621 m

Nombre perfil: CADAPE
Nombre operador: MM
12:07:34 19.09.2021
Referencia fase: 0,650 m
Modelo: MF pro
n/s: 000000337270
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,06
Tipo sensor: Veloc. y profund.
n/s: 163370338052
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,02
Filtr.: FPA Parám.: 15 s
Pre-filtro: Activado Rang.: 5
IEM: 60 Hz
Entrada estación: No fijo
Cálculo de flujo: Mitad secc.
Margen de inicio: Agua margen dcho.
Nº de estaciones: 9
Ancho corr.: 0,920 m
Descarga total: 0,203 m ³ /s
Área total: 0,496 m ²
Prof. media: 0,539 m

Nombre perfil: CADAPE
Nombre operador: MM
13:21:38 20.09.2021
Referencia fase: 0,530 m
Modelo: MF pro
n/s: 000000337270
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,06
Tipo sensor: Veloc. y profund.
n/s: 163370338052
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,02
Filtr.: FPA Parám.: 15 s
Pre-filtro: Activado Rang.: 5
IEM: 60 Hz
Entrada estación: No fijo
Cálculo de flujo: Mitad secc.
Margen de inicio: Agua margen dcho.
Nº de estaciones: 9
Ancho corr.: 0,920 m
Descarga total: 0,181 m ³ /s
Área total: 0,477 m ²
Prof. media: 0,519 m

Nombre perfil: CADAPE
Nombre operador: MM
15:56:33 24.09.2017
Referencia fase: 0,950 m
Modelo: MF pro
n/s: 000000337270
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,06
Tipo sensor: Veloc. y profund.
n/s: 163370338052
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,02
Filtr.: FPA Parám.: 15 s
Pre-filtro: Activado Rang.: 5
IEM: 60 Hz
Entrada estación: No fijo
Cálculo de flujo: Mitad secc.
Margen de inicio: Agua margen dcho.
Nº de estaciones: 9
Ancho corr.: 1,000 m
Descarga total: 0,152 m ³ /s
Área total: 1,117 m ²
Prof. media: 1,016 m

Nombre perfil: CADAPE
Nombre operador: MM
17:09:42 02.10.2021
Referencia fase: 0,840 m
Modelo: MF pro
n/s: 000000337270
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,06
Tipo sensor: Veloc. y profund.
n/s: 163370338052
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,02
Filtr.: FPA Param.: 15 s
Pre-filtro: Activado Rang.: 5
IEM: 60 Hz
Entrada estación: No fijo
Cálculo de flujo: Mitad secc.
Margen de inicio: Agua margen dcho.
N.º de estaciones: 9
Ancho corr.: 1,000 m
Descarga total: 0,196 m³/s
Área total: 0,810 m²
Prof. media: 0,540 m

Nombre perfil: CADAPE
Nombre operador: MM
10:28:21 05.10.2021
Referencia fase: 0,780 m
Modelo: MF pro
n/s: 000000337270
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,06
Tipo sensor: Veloc. y profund.
n/s: 163370338052
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,02
Filtr.: FPA Param.: 15 s
Pre-filtro: Activado Rang.: 5
IEM: 60 Hz
Entrada estación: No fijo
Cálculo de flujo: Mitad secc.
Margen de inicio: Agua margen dcho.
N.º de estaciones: 9
Ancho corr.: 1,100 m
Descarga total: 0,136 m³/s
Área total: 0,734 m²
Prof. media: 0,489 m

Nombre perfil: CADAPE
Nombre operador: MM
15:24:57 05.10.2021
Referencia fase: 79,00 m
Modelo: MF pro
n/s: 000000337270
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,06
Tipo sensor: Veloc. y profund.
n/s: 163370338052
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,02
Filtr.: FPA Param.: 15 s
Pre-filtro: Activado Rang.: 5
IEM: 60 Hz
Entrada estación: No fijo
Cálculo de flujo: Mitad secc.
Margen de inicio: Agua margen dcho.
N.º de estaciones: 9
Ancho corr.: 1,000 m
Descarga total: 0,138 m ³ /s
Área total: 0,735 m ²
Prof. media: 0,490 m

Nombre perfil: CADAPE
Nombre operador: MM
12:16:15 06.10.2021
Referencia fase: 0,840 m
Modelo: MF pro
n/s: 000000337270
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,06
Tipo sensor: Veloc. y profund.
n/s: 163370338052
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,02
Filtr.: FPA Param.: 15 s
Pre-filtro: Activado Rang.: 5
IEM: 60 Hz
Entrada estación: No fijo
Cálculo de flujo: Mitad secc.
Margen de inicio: Agua margen dcho.
N.º de estaciones: 9
Ancho corr.: 1,000 m
Descarga total: 0,203 m ³ /s
Área total: 0,963 m ²
Prof. media: 0,642 m

Nombre perfil: CADAPE
Nombre operador: MM
10:25:08 09.10.2021
Referencia fase: 0,820 m
Modelo: MF pro
n/s: 000000337270
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,06
Tipo sensor: Veloc. y profund.
n/s: 163370338052
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,02
Filtr.: FPA Param.: 15 s
Pre-filtro: Activado Rang.: 5
IEM: 60 Hz
Entrada estación: No fijo
Cálculo de flujo: Mitad secc.
Margen de inicio: Agua margen dcho.
N.º de estaciones: 9
Ancho corr.: 1,000 m
Descarga total: 0,162 m³/s
Área total: 0,771 m²
Prof. media: 0,514 m

Nombre perfil: CADAPE
Nombre operador: MM
10:44:38 10.10.2021
Referencia fase: 0,920 m
Modelo: MF pro
n/s: 000000337270
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,06
Tipo sensor: Veloc. y profund.
n/s: 163370338052
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,02
Filtr.: FPA Param.: 15 s
Pre-filtro: Activado Rang.: 5
IEM: 60 Hz
Entrada estación: No fijo
Cálculo de flujo: Mitad secc.
Margen de inicio: Agua margen dcho.
N.º de estaciones: 9
Ancho corr.: 1,000 m
Descarga total: 0,289 m³/s
Área total: 1,094 m²
Prof. media: 0,729 m

Nombre perfil: CADAPE
Nombre operador: MM
09:58:10 12.10.2021
Referencia fase: 1,060 m
Modelo: MF pro
n/s: 000000337270
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,06
Tipo sensor: Veloc. y profund.
n/s: 163370338052
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,02
Filtr.: FPA Param.: 15 s
Pre-filtro: Activado Rang.: 5
IEM: 60 Hz
Entrada estación: No fijo
Cálculo de flujo: Mitad secc.
Margen de inicio: Agua margen dcho.
N.º de estaciones: 9
Ancho corr.: 1,000 m
Descarga total: 0,310 m³/s
Área total: 1,137 m²
Prof. media: 0,758 m

Nombre perfil: CADAPE
Nombre operador: MM
16:13:56 13.10.2021
Referencia fase: 110,0 m
Modelo: MF pro
n/s: 000000337270
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,06
Tipo sensor: Veloc. y profund.
n/s: 163370338052
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,02
Filtr.: FPA Param.: 15 s
Pre-filtro: Activado Rang.: 5
IEM: 60 Hz
Entrada estación: No fijo
Cálculo de flujo: Mitad secc.
Margen de inicio: Agua margen dcho.
N.º de estaciones: 9
Ancho corr.: 1,100 m
Descarga total: 0,404 m³/s
Área total: 1,014 m²
Prof. media: 0,516 m

Nombre perfil: CADAPE
Nombre operador: MM
16:43:39 14.10.2021
Referencia fase: 0,640 m
Modelo: MF pro
n/s: 000000337270
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,06
Tipo sensor: Veloc. y profund.
n/s: 163370338052
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,02
Filtr.: FPA Param.: 15 s
Pre-filtro: Activado Rang.: 5
IEM: 60 Hz
Entrada estación: No fijo
Cálculo de flujo: Mitad secc.
Margen de inicio: Agua margen dcho.
N.º de estaciones: 9
Ancho corr.: 1,000 m
Descarga total: 0,189 m³/s
Área total: 0,668 m²
Prof. media: 0,445 m

Nombre perfil: CADAPE
Nombre operador: MM
15:56:33 24.10.2021
Referencia fase: 0,950 m
Modelo: MF pro
n/s: 000000337270
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,06
Tipo sensor: Veloc. y profund.
n/s: 163370338052
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,02
Filtr.: FPA Param.: 15 s
Pre-filtro: Activado Rang.: 5
IEM: 60 Hz
Entrada estación: No fijo
Cálculo de flujo: Mitad secc.
Margen de inicio: Agua margen dcho.
N.º de estaciones: 9
Ancho corr.: 1,100 m
Descarga total: 0,152 m³/s
Área total: 1,117 m²
Prof. media: 1,016 m

Nombre perfil: CADAPE
Nombre operador: MM
16:38:39 02.11.2021
Referencia fase: 41,00 m
Modelo: MF pro
n/s: 000000337270
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,06
Tipo sensor: Veloc. y profund.
n/s: 163370338052
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,02
Filtr.: FPA Parám.: 15 s
Pre-filtro: Activado Rang.: 5
IEM: 60 Hz
Entrada estación: No fijo
Cálculo de flujo: Mitad secc.
Margen de inicio: Agua margen dcho.
Nº de estaciones: 9
Ancho corr.: 1,000 m
Descarga total: 0,179 m ³ /s
Área total: 0,383 m ²
Prof. media: 0,383 m

Nombre perfil: CADAPE
Nombre operador: MM
09:18:25 03.11.2021
Referencia fase: 0,480 m
Modelo: MF pro
n/s: 000000337270
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,06
Tipo sensor: Veloc. y profund.
n/s: 163370338052
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,02
Filtr.: FPA Parám.: 15 s
Pre-filtro: Activado Rang.: 5
IEM: 60 Hz
Entrada estación: No fijo
Cálculo de flujo: Mitad secc.
Margen de inicio: Agua margen dcho.
Nº de estaciones: 9
Ancho corr.: 1,000 m
Descarga total: 0,138 m ³ /s
Área total: 0,458 m ²
Prof. media: 0,458 m

Nombre perfil: CADAPE		Nombre perfil: CADAPE	
Nombre operador: MM		Nombre operador: MM	
16:45:39 04.11.2021		09:45:22 05.11.2021	
Referencia fase: 41,00 m		Referencia fase: 41,00 m	
Modelo: MF pro		Modelo: MF pro	
n/s: 000000337270		n/s: 000000337270	
Arr.: v1,00		Arr.: v1,00	
Aplicación: v1,06		Aplicación: v1,06	
Tipo sensor: <u>Veloc. y profund.</u>		Tipo sensor: <u>Veloc. y profund.</u>	
n/s: 163370338052		n/s: 163370338052	
Arr.: v1,00		Arr.: v1,00	
Aplicación: v1,02		Aplicación: v1,02	
Filtr.: <u>FPA</u> <u>Parám.: 15 s</u>		Filtr.: <u>FPA</u> <u>Parám.: 15 s</u>	
<u>Pre-filtro: Activado</u> <u>Rang.: 5</u>		<u>Pre-filtro: Activado</u> <u>Rang.: 5</u>	
IEM: 60 Hz		IEM: 60 Hz	
Entrada estación: No fijo		Entrada estación: No fijo	
Cálculo de flujo: Mitad secc.		Cálculo de flujo: Mitad secc.	
Margen de inicio: Agua margen dcho.		Margen de inicio: Agua margen dcho.	
<u>Nº de estaciones: 9</u>		<u>Nº de estaciones: 9</u>	
Ancho <u>corr.: 1,000 m</u>		Ancho <u>corr.: 1,000 m</u>	
Descarga total: 0,179 m ³ /s		Descarga total: 0,179 m ³ /s	
Área total: 0,383 m ²		Área total: 0,383 m ²	
Prof. media: 0,383 m		Prof. media: 0,383 m	

Nombre perfil: CADAPE
Nombre operador: MM
16:03:34 05.11.2021
Referencia fase: 49,00 m
Modelo: MF pro
n/s: 000000337270
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,06
Tipo sensor: Veloc. y profund.
n/s: 163370338052
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,02
Filtr.: FPA Parám.: 15 s
Pre-filtro: Activado Rang.: 5
IEM: 60 Hz
Entrada estación: No fijo
Cálculo de flujo: Mitad secc.
Margen de inicio: Agua margen dcho.
Nº de estaciones: 9
Ancho corr.: 1,000 m
Descarga total: 0,207 m ³ /s
Área total: 0,496 m ²
Prof. media: 0,496 m

Nombre perfil: CADAPE
Nombre operador: MM
11:30:12 06.11.2021
Referencia fase: 0,460 m
Modelo: MF pro
n/s: 000000337270
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,06
Tipo sensor: Veloc. y profund.
n/s: 163370338052
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,02
Filtr.: FPA Parám.: 15 s
Pre-filtro: Activado Rang.: 5
IEM: 60 Hz
Entrada estación: No fijo
Cálculo de flujo: Mitad secc.
Margen de inicio: Agua margen dcho.
Nº de estaciones: 9
Ancho corr.: 1,000 m
Descarga total: 0,186 m ³ /s
Área total: 0,468 m ²
Prof. media: 0,468 m

Nombre perfil: CADAPE
Nombre operador: MM
09:51:46 09.11.2021
Referencia fase: 0,400 m
Modelo: MF pro
n/s: 000000337270
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,06
Tipo sensor: Veloc. y profund.
n/s: 163370338052
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,02
Filtr.: FPA Parám.: 15 s
Pre-filtro: Activado Rang.: 5
IEM: 60 Hz
Entrada estación: No fijo
Cálculo de flujo: Mitad secc.
Margen de inicio: Agua margen dcho.
Nº de estaciones: 9
Ancho corr.: 1,000 m
Descarga total: 0,123 m ³ /s
Área total: 0,373 m ²
Prof. media: 0,373 m

Nombre perfil: CADAPE
Nombre operador: MM
08:56:17 14.11.2021
Referencia fase: 79,00 m
Modelo: MF pro
n/s: 000000337270
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,06
Tipo sensor: Veloc. y profund.
n/s: 163370338052
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,02
Filtr.: FPA Parám.: 15 s
Pre-filtro: Activado Rang.: 5
IEM: 60 Hz
Entrada estación: No fijo
Cálculo de flujo: Mitad secc.
Margen de inicio: Agua margen dcho.
Nº de estaciones: 9
Ancho corr.: 1,000 m
Descarga total: 0,443 m ³ /s
Área total: 0,764 m ²
Prof. media: 0,764 m

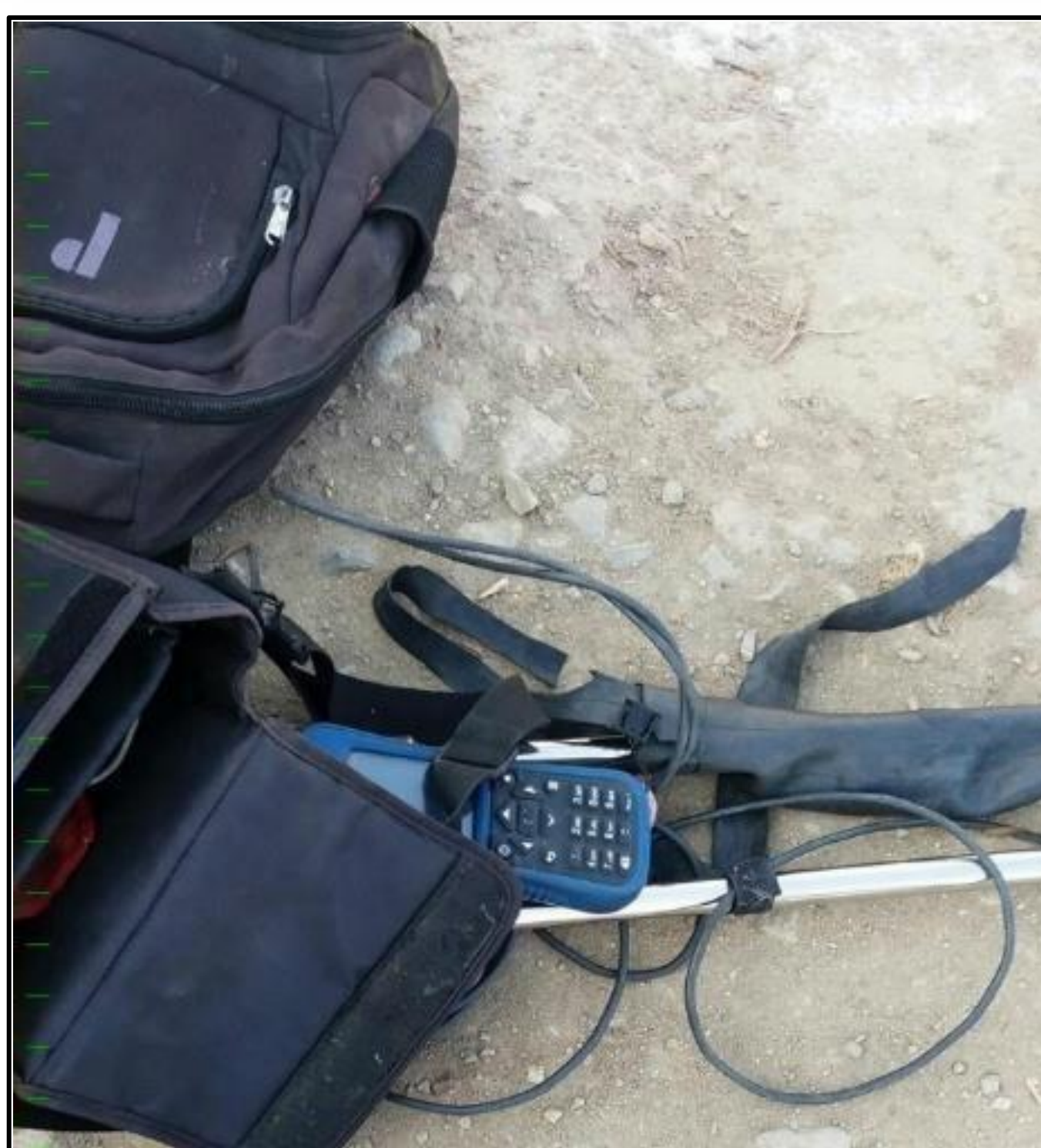
Nombre perfil: CADAPE
Nombre operador: MM
15:43:02 17.11.2021
Referencia fase: 0,710 m
Modelo: MF pro
n/s: 000000337270
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,06
Tipo sensor: Veloc. y profund.
n/s: 163370338052
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,02
Filtr.: FPA Parám.: 15 s
Pre-filtro: Activado Rang.: 5
IEM: 60 Hz
Entrada estación: No fijo
Cálculo de flujo: Mitad secc.
Margen de inicio: Agua margen dcho.
Nº de estaciones: 9
Ancho corr.: 0,900 m
Descarga total: 0,230 m ³ /s
Área total: 0,496 m ²
Prof. media: 0,621 m

Nombre perfil: CADAPE
Nombre operador: MM
12:07:34 19.11.2021
Referencia fase: 0,650 m
Modelo: MF pro
n/s: 000000337270
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,06
Tipo sensor: Veloc. y profund.
n/s: 163370338052
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,02
Filtr.: FPA Parám.: 15 s
Pre-filtro: Activado Rang.: 5
IEM: 60 Hz
Entrada estación: No fijo
Cálculo de flujo: Mitad secc.
Margen de inicio: Agua margen dcho.
Nº de estaciones: 9
Ancho corr.: 0,920 m
Descarga total: 0,203 m ³ /s
Área total: 0,496 m ²
Prof. media: 0,539 m

Nombre perfil: CADAPE
Nombre operador: MM
13:21:38 20.11.2021
Referencia fase: 0,530 m
Modelo: MF pro
n/s: 000000337270
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,06
Tipo sensor: Veloc. y profund.
n/s: 163370338052
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,02
Filtr.: FPA Parám.: 15 s
Pre-filtro: Activado Rang.: 5
IEM: 60 Hz
Entrada estación: No fijo
Cálculo de flujo: Mitad secc.
Margen de inicio: Agua margen dcho.
Nº de estaciones: 9
Ancho corr.: 0,920 m
Descarga total: 0,181 m ³ /s
Área total: 0,477 m ²
Prof. media: 0,519 m

Nombre perfil: CADAPE
Nombre operador: MM
15:56:33 24.11.2017
Referencia fase: 0,950 m
Modelo: MF pro
n/s: 000000337270
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,06
Tipo sensor: Veloc. y profund.
n/s: 163370338052
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,02
Filtr.: FPA Parám.: 15 s
Pre-filtro: Activado Rang.: 5
IEM: 60 Hz
Entrada estación: No fijo
Cálculo de flujo: Mitad secc.
Margen de inicio: Agua margen dcho.
Nº de estaciones: 9
Ancho corr.: 1,100 m
Descarga total: 0,152 m ³ /s
Área total: 1,117 m ²
Prof. media: 1,016 m

PANEL FOTOGRAFICO





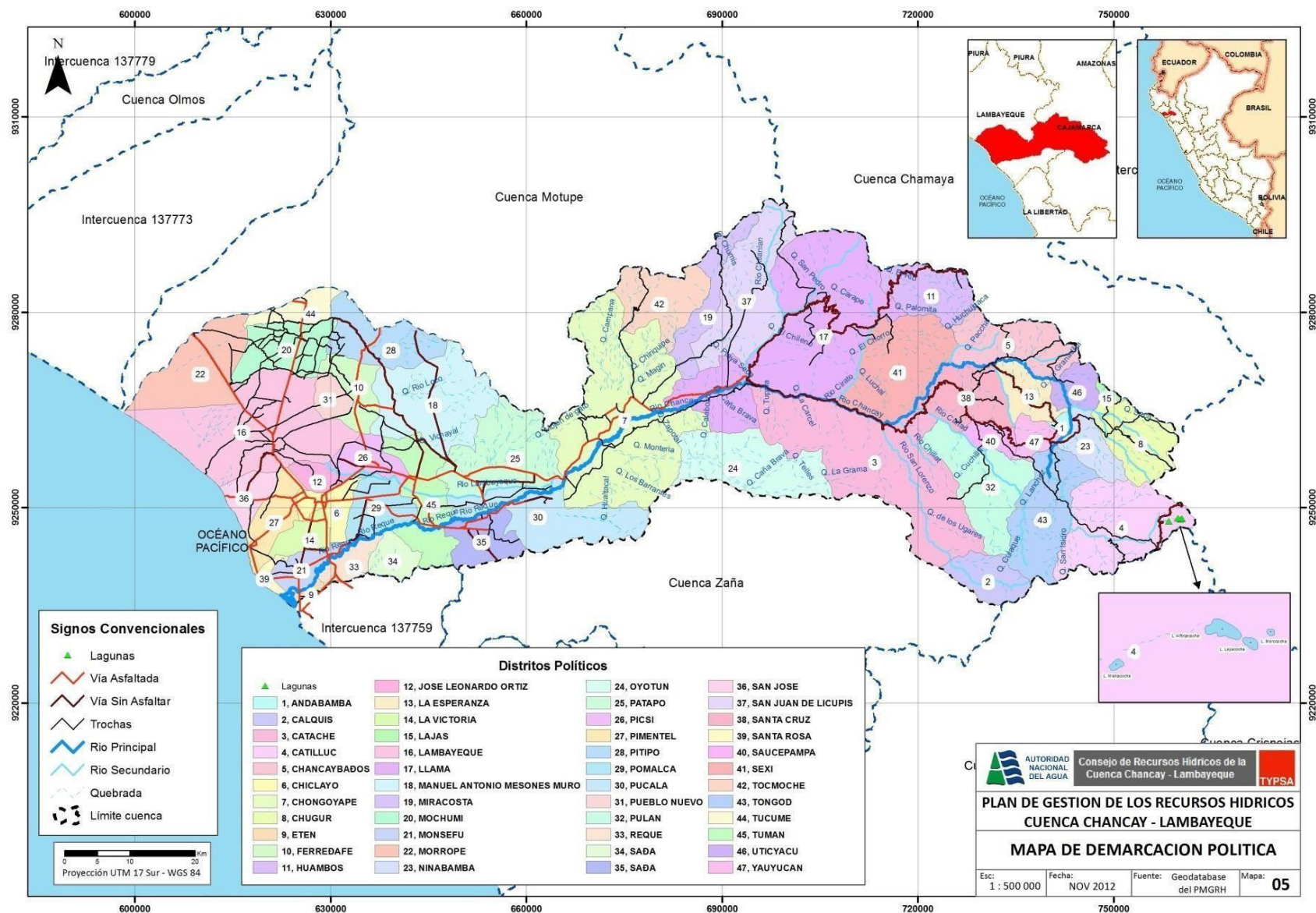






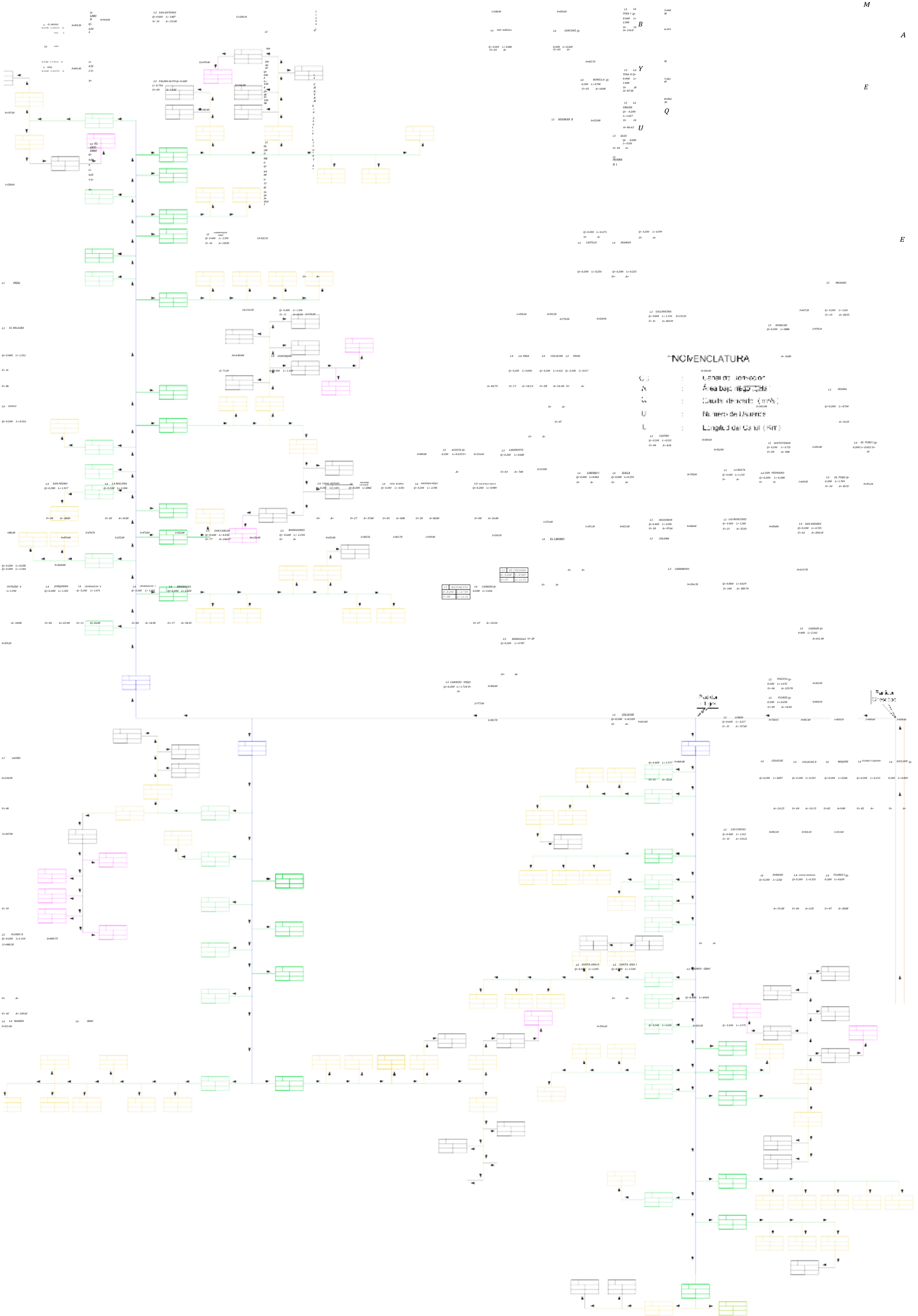
PLANOS

Plan de Gestión de Recursos Hídricos de la Cuenca Chancay-Lambayeque



CI	LAMRAYEQUI
Q= 12.06	L= 12.378
M= 2.067	A=7.978.57

 D
$$\begin{matrix} L \\ A \end{matrix}$$



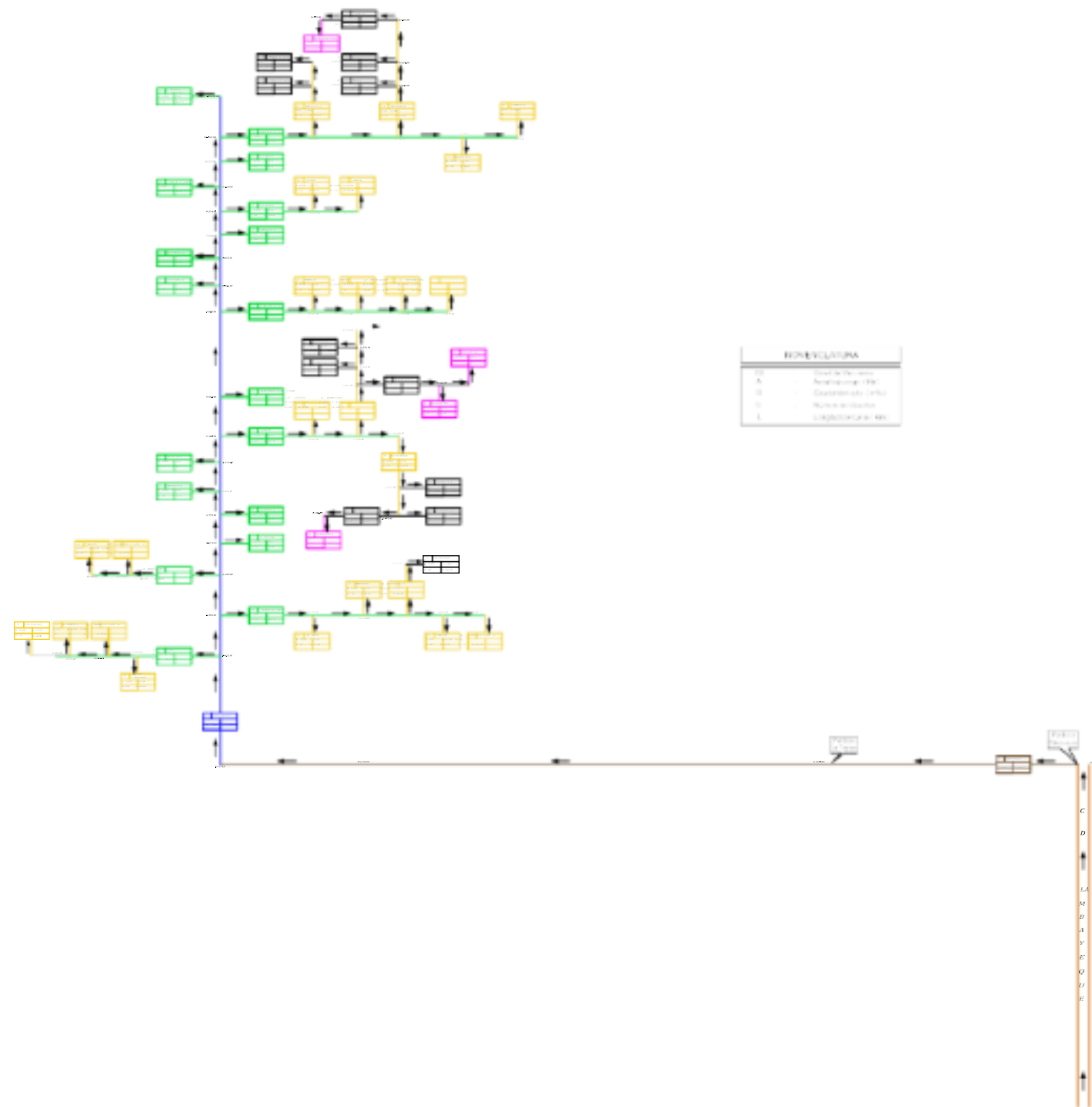
M

A

E

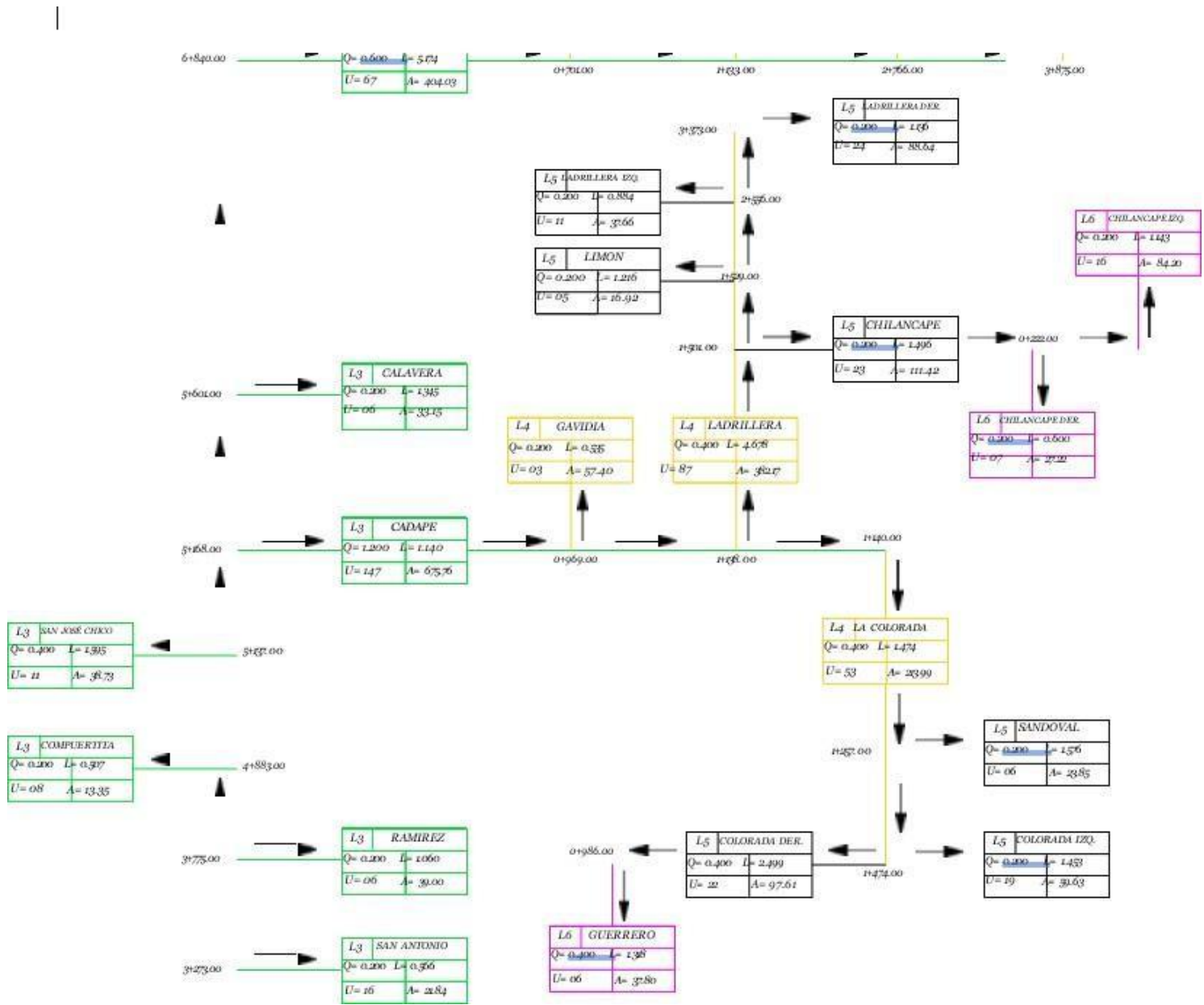
E

SANJOSE



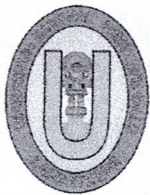
EXPLICACION	
(1)	ESTACION DE BOMBEO
(2)	ESTACION DE TRANSFORMACION
(3)	ESTACION DE TRATAMIENTO
(4)	ESTACION DE ALMACENAMIENTO
(5)	ESTACION DE DISTRIBUCION





L4	NIQUEN
Q= 0.200	L= 0.474

L4	CATALINO
Q= 0.200	L= 0.417



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
UNIDAD DE INVESTIGACION



ACTA DE SUSTENTACION PRESENCIAL N°004-2024-UIV-FIA

Siendo las 12:30pm del día 29 de Enero de 2024, en el auditorio de la facultad de ingeniería agrícola, se reunieron los Miembros del Jurado designado mediante Resolución N°083-2022-FIA-VIRTUAL, conformado por:

ING. Dr. WILFREDO DIAZ CORDOVA

ING. M.SC. JUAN VICENTE HERNANDEZ ALCANTARA

ING. DR. HENRY DANTE SANCHEZ DIAZ

Presidente

Secretario

Vocal



Para llevar a cabo la sustentación presencial de tesis citados mediante Resolución N°039-2024-FIA-VIRTUAL; denominado "**DETERMINACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE AGUA Y SU VARIABILIDAD ECONÓMICA DEL CANAL DE RIEGO CADAPE DISTRITO DE LAMBAYEQUE PROVINCIA LAMBAYEQUE - 2019**" presentado por el bachiller **MARLON IVAN MALCA LOPEZ**; y patrocinado por **ING. M.SC. JORGE SEGUNDO CUMPA REYES**, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrícola.

Luego de culminada la sustentación, el Jurado procedió a realizar las preguntas al sustentante y si hubiera observaciones, anotándolas para su corrección respectiva, el jurado luego de evaluar las rubricas decidió **APROBAR** la tesis con el calificativo de **BUENO** correspondiente a la nota de 16 (**DIECISEIS**).

En consecuencia, el referido Bachiller queda apto para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrícola, de acuerdo a la Ley universitaria 30220, el Estatuto y Reglamento de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 13:35 horas del mismo día, se dio por finalizado el acto de sustentación y se procedió a firmar la presente acta los que en ella han intervenido.

ING. DR. WILFREDO DIAZ CORDOVA
Presidente de Jurado

ING. M.SC. JUAN VICENTE HERNANDEZ ALCANTARA
Secretario de Jurado

ING. DR. HENRY DANTE SANCHEZ DIAZ
Vocal del jurado

ING. M.SC. JORGE SEGUNDO CUMPA REYES
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA


Ing, Dr. Luis Armando Toledo Casanova
Director de la Unidad de Investigación -FIA

CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, **M. SC. JORGE SEGUNDO CUMPA REYES**, docente de la facultad de Ingeniería Agrícola, asesor de tesis del bachiller **MARLON IVÁN MALCA LÓPEZ**, titulada **“DETERMINACION DE LAS PERDIDAS DE AGUA Y SU VARIABILIDAD ECONOMICA DEL CANAL DE RIEGO CADAPE DISTRITO DE LAMBAYEQUE - PROVINCIA DE LAMBAYEQUE”**, luego de la revisión exhaustiva del documento constato que la misma tiene un porcentaje de similitud del **18%** verificable en el reporte de similitud del programa turnitin.

El suscrito analizo dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO.

Lambayeque, 08 de Agosto del 2023



M. SC. JORGE SEGUNDO CUMPA REYES
ASESOR

DETERMINACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE AGUA Y SU VARIABILIDAD ECONÓMICA DEL CANAL DE RIEGO CADAPE DISTRITO DE LAMBAYEQUE PROVINCIA LAMBAYEQUE – 2019

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

17%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo	16%
	Trabajo del estudiante	

2	hdl.handle.net	1%
	Fuente de Internet	

3	Submitted to Universidad Técnica de Machala	<1%
	Trabajo del estudiante	

4	economia3.com	<1%
	Fuente de Internet	

5	repositorio.uladech.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	

6	Submitted to Universidad Abierta para Adultos	<1%
	Trabajo del estudiante	

7	www.cao-ombudsman.org	<1%
	Fuente de Internet	

8	repositorioacademico.upc.edu.pe	
---	---------------------------------	--

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo



M. SC. JORGE SEGUNDO CUMPA REYES
ASESOR



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Marlon Ivan Malca Lopez
Título del ejercicio: INVESTIGACIÓN
Título de la entrega: DETERMINACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE AGUA Y SU VARIABILIDAD...
Nombre del archivo: tesis_final_marlon_1.docx
Tamaño del archivo: 12.86M
Total páginas: 99
Total de palabras: 14,053
Total de caracteres: 69,496
Fecha de entrega: 08-ago.-2023 09:46a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega... 2143115988



"UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO"

FACULTAD DE INGENIERIA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRÍCOLA

"DETERMINACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE AGUA Y SU VARIABILIDAD ECONÓMICA DEL CANAL DE RIEGO CADAPE DISTRITO DE LAMBAYEQUE PROVINCIA LAMBAYEQUE – 2019"

INFORME DE INGENIERIA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRÍCOLA

PRESENTADO POR:
BACH. MARLON IVAN MALCA LOPEZ

ASESOR:
MSC. ING. JORGE CUMPA REYES
LAMBAYEQUE – PERU
2019


M. SC. JORGE SEGUNDO CUMPA REYES
ASESOR