



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Diseño del sistema de riego Tumacyacu, anexo de Miraflores, distrito de Chillia, Pataz, La Libertad - 2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Dominguez Henriquez, Mariela Maritza (ORCID: 0000-0001-6138-259X)

Lopez Quijano, Jhoel (ORCID: 0000-0001-6131-4044)

ASESOR:

Mg. Farfán Córdova, Marlon Gastón (ORCID: 0000-0001-9295-5557)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

TRUJILLO – PERÚ

2021

Dedicatoria

La presente tesis está dedicada primeramente a Dios por haberme permitido llegar hasta aquí hoy, por darme fortaleza y el valor para experimentar esta bella experiencia para lograr uno de mis objetivos y triunfos. Le doy las gracias por su amor bondadoso e infinito.

A mi familia, porque ellos me impulsaron para llegar hasta esta instancia de mis estudios, ya que ellos siempre han estado presentes apoyándome moral y psicológicamente para ser la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este mayor anhelo alcanzado.

A la **Universidad César Vallejo** y en especial a la **Escuela Profesional de Ingeniería Civil** que me brindaron la oportunidad para formar parte de ello.

A mis maestros, gracias por su tiempo y apoyo, así como los conocimientos compartidos en el transcurso de mi formación profesional; a mis amigos, que nos apoyamos conjuntamente en nuestra formación profesional.

Agradecimiento

En los presentes argumentos se resumen los agradecimientos para aquellos que de alguna manera aportaron en el camino de esta meta que hoy alcanzamos; personas, familiares, profesores y amigos gracias por su apreciable cooperación en este trabajo de investigación.

Agradecemos a Dios, quien fue nuestra luz guía durante este largo proceso para la obtención de nuestro título profesional de ingeniero civil, por habernos dado las fortalezas para seguir adelante en aquellos momentos de debilidad, además de ser la fuente de paz para alcanzar los conocimientos hasta esta actualidad.

Suponen los cimientos de nuestro desarrollo todos ustedes mi familia, quienes nos enseñaron nuevas cosas y nos brindaron valiosos aportes que nos servirán para toda la vida, por ayudarnos a culminar nuestros estudios con éxito en la carrera profesional de nuestros sueños y darnos la oportunidad de demostrar que con el esfuerzo y dedicación todo es posible. Los quiero.

Agradecemos a la universidad el cual nos dio la bienvenida al mundo, las oportunidades y logros que nos ha brindado son incomparables, de la cual nos sentimos profundamente orgullosos que nos logró brindar una educación única.

Agradecemos a nuestros profesores quienes cada uno de ellos nos enriquecieron como personas y profesionales; y un gran agradecimiento para todos nuestros amigos que luchamos juntos para lograr nuestros objetivos.

Índice de contenidos

I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA	11
3.1. Tipo y diseño de investigación	11
3.2. Variable y operacionalización.....	11
3.3. Población, muestra y muestreo.....	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	12
3.5. Procedimientos	12
3.6. Método de análisis de datos	13
3.7. Aspectos éticos.....	13
IV. RESULTADOS	14
4.1. Levantamiento topográfico del sistema de riego Tumacyacu, para modelar el terreno mediante curvas de nivel.....	14
4.2. Estudio de mecánica de suelos del sistema de riego Tumacyacu.....	15
4.3. Estudio hidrológico del sistema de riego Tumacyacu.	17
4.3.1. Cálculo de intensidades de lluvia en mm/h según periodos de retorno.	17
4.3.2. Cálculo del caudal de máxima avenida con Hidroesta 2.	31
4.3.3. Cálculo del caudal de diseño para el canal de riego.	32
4.3.3.1. Relación de datos a analizar en el programa Cropwat 8.0.....	32
4.3.3.2. Resultados del análisis de datos en Cropwat 8.0	35
4.3.4. Cálculo del caudal de uso para cada parcela a irrigar.	40
4.4. Realizar el diseño geométrico del sistema de riego Tumacyacu.....	45
4.4.1. Diseño geométrico del canal de primer orden.	46
4.4.2. Diseño geométrico de canales de segundo orden.....	56
4.4.2.1. Diseño geométrico del canal de segundo orden 1	56
4.4.2.2. Diseño geométrico del canal de segundo orden 2.....	62
4.4.3. Diseño geométrico de obras especiales y de arte.	65
4.4.3.1. Diseño de captación (bocatoma – toma)	65
4.4.3.1.1. Diseño de rejilla de ingreso.....	65
4.4.3.1.2. Ángulo que forman el muro de la rejilla con el río	68
4.4.3.1.3. Diseño del desripiador	68
4.4.3.1.4. Diseño de transición.....	70
4.4.3.1.5. Diseño de compuerta de lavado del desripiador	72
4.4.3.1.6. Diseño del azud de la bocatoma.....	73

4.4.3.1.7.	Diseño de poza de amortiguación	76
4.4.3.2.	Diseño de desarenador	78
4.4.3.2.1.	Cálculo del diámetro de partículas y velocidad del tanque y caída.....	78
4.4.3.2.2.	Dimensionamiento del tanque.	79
4.4.3.2.3.	Cálculo de la longitud de la transición.....	80
4.4.3.2.4.	Cálculo de la longitud del vertedero.	81
4.4.3.2.5.	Cálculos complementarios.	82
4.4.3.2.6.	Dimensiones de la compuerta del lavado.....	82
4.4.3.3.	Diseño de toma lateral	83
V.	DISCUSIÓN	85
VI.	CONCLUSIONES	87
VII.	RECOMENDACIONES	88
	REFERENCIAS	89
	ANEXOS	96

Índice de tablas

Tabla 1: Relación de Benchs Marks (BMs).....	14
Tabla 2: Relación de calicatas consideradas en el proyecto.....	15
Tabla 3: Clasificación de las muestras de suelo.....	16
Tabla 4: descripción del suelo de cada muestra.....	17
Tabla 5: Precipitación máxima mensual en 24 horas.....	19
Tabla 6: Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel.....	20
Tabla 7: variables probabilísticas.....	20
Tabla 8: precipitaciones diarias máximas probables para distintas frecuencias...21	
Tabla 9: Coeficientes para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas.....	21
Tabla 10: Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias.....	22
Tabla 11: Intensidades de lluvia para periodos de retorno de 2 a 500 años.....	23
Tabla 12: Datos hidrometeorológicos mensuales.....	33
Tabla 13: Cédula general.....	34
Tabla 14: Cédula de cultivos en esa actualidad.....	34
Tabla 15: Cédula Proyectada de cultivos.....	35
Tabla 16: Demanda del caudal de agua para el cultivo de Pasto.....	36
Tabla 17: Demanda del caudal de agua para el cultivo de Papa.....	37
Tabla 18: Demanda del caudal de agua para el cultivo de Haba.....	38
Tabla 19: Demanda del caudal de agua para el cultivo de Cebada.....	39
Tabla 20: Caudal demandado de los cultivos.....	40
Tabla 21: Datos requeridos para calcular el caudal de uso en cada parcela de riego.....	40
Tabla 22: Calculo del caudal de uso para la parcela 1.....	42
Tabla 23: Caudales de uso requeridos para irrigar las parcelas de los usuarios de riego.....	43
Tabla 24: Tramo 1 del canal de primer orden de sección escalonada ubicado entre las progresivas 0+000.000 - 0+060.000.....	46
Tabla 25: Tramo 2 del canal de primer orden de sección escalonada ubicado entre las progresivas 0+060.000 - 0+240.000.....	50

Tabla 26: Tramo 3 del canal de primer orden de sección escalonada ubicado entre las progresivas 0+240.000 - 1+0077.800.....	52
Tabla 27: Tramo 4 del canal de primer orden de sección escalonada ubicado entre las progresivas 1+077.800 - 3+373.23.....	53
Tabla 28: Tramo 5 del canal de primer orden de sección escalonada ubicado entre las progresivas 3+373.230 - 3+765.050.....	55
Tabla 29: Tramo 1 del canal de segundo orden de sección escalonada ubicado entre las progresivas 0+000.000 - 0+077.060.....	56
Tabla 30: Tramo 2 del canal de segundo orden de sección escalonada ubicado entre las progresivas 0+077.060 - 0+356.870.....	58
Tabla 31: Tramo 3 del canal de segundo orden de sección escalonada ubicado entre las progresivas 0+356.870 - 0+896.870.....	59
Tabla 32: Tramo 4 del canal de segundo orden de sección escalonada ubicado entre las progresivas 0+896.870 - 1+143.200.....	60
Tabla 33: Tramo 2 del canal de segundo orden de sección escalonada ubicado entre las progresivas 0+674.960 - 0+775.020.....	63
Tabla 34: Datos que se emplearon en el diseño de la rejilla de ingreso.....	65
Tabla 35: Parámetros que controlan el diseño de la bocatoma.....	66
Tabla 36: Datos para el diseño del desripiador.....	68
Tabla 37: Altura contraída d1 al pie del azud, mediante aproximaciones sucesivas.....	70
Tabla 38: Coordenadas de perfil Creager – Ofizeroff para Ho: 1 m.....	74

Índice de gráficos y figuras

Gráfico 1: Curva intensidad – duración – periodo de retorno 2 años.....	24
Gráfico 2: Curva intensidad – duración – periodo de retorno 5 años.....	25
Gráfico 3: Curva intensidad – duración – periodo de retorno 10 años.....	26
Gráfico 4: Curva intensidad – duración – periodo de retorno 25 años.....	27
Gráfico 5: Curva intensidad – duración – periodo de retorno 50 años	28
Gráfico 6: Curva intensidad – duración – periodo de retorno 100 años.....	29
Gráfico 7: Curva intensidad – duración – periodo de retorno 500 años	30
Figura 1: Canal de primer orden y canales de segundo orden 1 y 2.....	45
Figura 2: Bocatoma y sus parámetros para el diseño.....	66
Figura 3: sección del río donde se diseñó la bocatoma	73
Gráfico 8: Perfil del azud de la bocatoma.....	75
Figura 4: Esquema de la poza de amortiguación del azud.....	76
Figura 5: Azud y sus respectivas dimensiones calculadas.....	78
Figura 6: Esquema del tanque del desarenador.....	80
Figura 7: Desarenador y sus respectivas medidas calculadas.....	83
Figura 8: Toma lateral.....	84

RESUMEN

La presente investigación es de tipo aplicada – transversal, se efectuó con el objetivo de diseñar el sistema de riego. La población de estudio estuvo conformada por el área de influencia del proyecto que lo comprendió el anexo Miraflores en el distrito de Chillia de la provincia de Patate del departamento La Libertad, de lo cual, a través de un muestreo no probabilístico se consideró como muestra una longitud del terreno de 5.68327 km, desde la vertiente Tumacyacu hasta el anexo Miraflores. Para la recolección de datos se utilizó una ficha de registro, guía de observación de campo y laboratorio. Los métodos de análisis de datos están basados en el manual de la Autoridad Nacional del Agua para el canal de sección trapezoidal, y el método de flujo saltante, para la sección escalonada. Se emplearon programas como Hidroesta 2; Cropwat 8.0; Hcanales V 3.0. Los resultados mostraron un caudal de máxima avenida de 1.673 m³/s, caudal de diseño de 0.572 m³/s, para el canal de sección trapezoidal de segundo orden 2 en el tramo 1, se calcularon los siguientes parámetros base (b): 0.50m, tirante normal (y): 0.3040 m y un espejo de agua (T): 0.8040 m, y en la sección escalonada se obtuvo una base (b): 0.65 m, altura de la contrahuella (h): 0.55. Se concluye que el diseño del sistema de riego con secciones trapezoidales y escalonada es adecuado para una correcta disipación de energía.

Palabras clave:

Sistema de riego, canal, sección trapezoidal, sección escalonada.

Abstract

The present investigation is of an applied type - transversal, it was carried out with the objective of designing the irrigation system. The study population was made up of the area of influence of the project that included the Miraflores annex in the Chillia district of the Pataz province of the La Libertad department, from which, through a non-probabilistic sampling, a length of the land of 5.68327 km was considered as a sample, from the Tumacyacu slope to the Miraflores annex. For data collection, a registration form, field and laboratory observation guide were used. The data analysis methods are based on the National Water Authority manual for the trapezoidal section channel, and the jumping flow method, for the stepped section. Programs such as Hidroesta 2; Cropwat 8.0; Channels V 3.0. The results showed a maximum flood flow of 1,673 m³ / s, design flow of 0.572 m³ / s, for the first-order trapezoidal section channel in section 1, the following base parameters were calculated (b): 0.50m, normal tie (y): 0.3158 m and a water mirror (T): 0.8158 m, and in the stepped section a base (b): 0.65 m, riser height (h): 0.55, tread length (l): 2.2 m. It is concluded that the design of the irrigation system with trapezoidal and stepped sections is adequate for a correct dissipation of energy.

Keywords:

Irrigation system, canal, trapezoidal section, stepped section.

I. INTRODUCCIÓN

A través del banco de inversiones, se ingresó a los niveles del gobierno nacional, regional de La Libertad y local de la municipalidad distrital de Chillia; donde se observa que en este último año no se están ejecutando ningún proyecto de pre inversión e inversión referente a infraestructura de riego en el anexo de Miraflores, ya que las obras de gestión y construcción en su mayoría cumplen la función de salud, transporte y educación con niveles porcentuales de 48.8, 9.4 y 9.2% respectivamente. Esto implica que el distrito de Chillia y sus sectores rurales, de la provincia de Pataz, no están teniendo continuidad en la ejecución de obras hidráulicas, el cual dificulta la producción de los terrenos agrícolas y el ámbito en ganadería de la comunidad en estudio (Ministerio de Economía y Finanzas, 2020).

Por medio de la recaudación de datos históricos del problema se pudo comprobar que la superficie agrícola con riego ha demostrado incrementos permanentes; pasando del 31.6% en 1994 a un nivel porcentual del 36.2% de la superficie agrícola total en el año 2012. Sin embargo, los sistemas de riego agrícola en la serranía mantienen un bajo nivel porcentual con el 38%, costa 57%, y selva 5%. En La Libertad del total de 528 763,8 hectáreas de superficie agrícola, 273 481,8 hectáreas disponían de riego en el año 2012 (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2012).

Según el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI, 2015) manual de mantenimiento de infraestructura de sistema de riego, en estudios de post – ejecución de proyectos de riego mencionó que al no mantener sistemas de riego o se realiza una inadecuada operación y mantenimiento, se proyecta que se tendría un deterioro de la infraestructura, así como baja producción agrícola en la localidad afectada por falta de estos servicios.

Bajo los argumentos antes mencionados nace la necesidad de investigar sobre el diseño y su posterior construcción de un canal de riego, debido a que no se tiene una infraestructura hidráulica necesaria en la comunidad del anexo de Miraflores, por motivos del cual no se tienen más áreas de cultivo,

este sistema de riego permitirá incrementar y mejorar la producción de los terrenos agrícolas con sembríos como papa, haba, cebada y pastos, y que permitirá mejorar el nivel socioeconómico de la comunidad en general. En ese sentido se propone el problema: ¿Qué características tendría el diseño del sistema de riego Tumacyacu en el anexo de Miraflores del distrito de Chillia de la provincia de Pataz del departamento La Libertad - 2021?

Teóricamente, el proyecto se justifica ya que para el diseño del sistema de riego se cumplirá con las sugerencias que indica la norma de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y otras formularios extras del libro máximo Villón; asimismo, metodológicamente se estaría sistematizando un procedimiento de solución utilizando los programas para el procesamiento de datos como el software AutoCAD, AutoCAD Civil 3D, Hidroesta, Hcanales, canales y el programa rápidas, lo cual será útil para el desarrollo del proyecto. En el ámbito práctico estaría favoreciendo la optimización del recurso agua para poderlo distribuir de forma eficiente en los terrenos de cultivo; y desde el punto de vista social, este proyecto contribuiría a que el canal de riego ayude a mejorar su economía familiar de los agricultores, producción agrícola y también mejorará la producción de pastos que favorecen al desarrollo en ganadería y la comunidad en general.

El objetivo general es diseñar el sistema de riego Tumacyacu, anexo de Miraflores, distrito de Chillia, Pataz, La Libertad – 2021, y los objetivos específicos son realizar el levantamiento topográfico del sistema de riego Tumacyacu, para modelar el terreno mediante curvas de nivel; realizar el estudio de mecánica de suelos del sistema de riego Tumacyacu; realizar el estudio hidrológico del sistema de riego Tumacyacu; realizar el diseño geométrico del sistema de riego Tumacyacu.

Las características del diseño del sistema de riego Tumacyacu, anexo de Miraflores, distrito de Chillia, Pataz, La Libertad - 2021, cumple los parámetros establecidos en el manual de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y con los estándares normativos para este tipo de estructura.

II. MARCO TEÓRICO

Para entender mejor el comportamiento de cómo diseñar un canal de riego, se presentan a continuación algunas investigaciones que muestran los objetivos, metodología, resultados y conclusiones de estos estudios.

Como antecedentes internacionales tenemos a Mohammadi, Parvaresh y Abbasi (2019), quienes midieron y analizaron las pérdidas de agua en canales de riego primarios, secundarios y terciarios; para lo cual emplearon el método de entrada y salida con un valor esperado del 95% según la FAO. Los resultados determinaron que la eficiencia de transporte en cada 1000m de los canales primario, secundario y terciario fue de 95, 91,5 y 89,3%. Y que las pérdidas de agua por filtración promediaron 1,18 m³ /día/m² en el canal principal. Concluyeron que, en una determinada longitud el canal principal tiene mayor eficiencia de transporte, pero proporcionó pérdidas absolutas máximas a comparación de los canales secundarios y terciarios.

Por su parte Elgamal, Elkassar y Elfetyany (2019), efectuaron la rehabilitación de los canales de navegación Tanta y Dalel El-Kased para gestionar el recurso del agua en la ciudad de Egipto; para ello emplearon la metodología de HEC-RAS. Los resultados indicaron que el regulador aguas abajo del canal Tanta, mostró un caudal de 38,7m³/s, y en la cabecera del canal Dalel El-Kased fue de 33,8 m³/s. Concluyeron que el estudio realizado proporcionó la solución hidráulica al problema en cuanto a la gestión del agua.

De acuerdo con Hassanin, El-Molla y Abusalama (2018), introdujeron un protocolo para evaluar la calidad de las aguas en el canal de riego El-Nubaria; para lo cual emplearon un script Taylor Made Protocol (TMP) con lenguaje Python. Los resultados indicaron que las estadísticas descriptivas del sitio WI01 el PH estaba en límite de seguridad en (6,5 y 8,5) mg/ly. concluyeron que Python fue un lenguaje de programación de formato corto que identificó y realizó seguimientos, manejando múltiples procesos para la sincronización de entradas y salidas.

Del Toro (2013), en su investigación estableció bases y criterios para diseñar canales con flujo escalonado; para lo cual empleó una investigación descriptivo simple. Los resultados mostraron que, en el diseño para el régimen de flujo saltante, considero un caudal de 18.50 m³/s, con pendiente del terreno de 1.65 m/m y una base del canal de 6m, encontró una altura de grada de 3 m, una longitud de huella de 7 m, calado crítico (y_c) de 1.92 m, profundidad del flujo en el escalón (y_p) de 1.71 m y un porcentaje de energía disipada del 80%. Concluyó que, para el flujo saltante el límite del caudal unitario es hasta 6 m³/s*m y el flujo rasante para caudales mayores a 15 m³/s*m, ya que el caudal entre esos dos límites es un flujo transicional.

Por su parte Rosado (2017), elaboró una metodología unificada para canales escalonados aplicable en drenaje urbano; para lo cual empleó una metodología de diseño experimental. Los resultados del flujo saltante indicaron que para un escalón de dimensiones de contrahuella h (0.08m), huella L (0.569 m) y con un caudal de 28.7 l/s, encontró una profundidad de cavidad (d_p) de 0.04 m, profundidad crítica del flujo (y_c) de 0.08 m, velocidad (v) de 1.5 m/s y una energía específica de E de 0.12 m. concluyó que con régimen de flujo rasante se logra disipar una energía específica hasta el 50%, mientras que con el flujo saltante se alcanza una disipación del 94%.

De acuerdo con González y Chanson (2007), investigaron sobre el diseño hiraulico de vertederos con pendientes moderadas; para lo cual empleó una metodología de diseño experimental. Los resultados indicaron las propiedades físicas del flujo aire - agua para un canal de 2.5 m de longitud y 1 m de ancho con un total de 10 escalones de 0.1 m de altura y 0.25 m de ancho, en la cuarta medición se encontraron d_c/h : 1.7, d_{crest}/h : 1.5 m, gasto unitario q_w (m²/s): 0.176 y régimen de flujo SK2. Concluyó que el flujo en vertederos con pendientes moderadas en θ : 15 a 30° casi poco han sido estudiadas es por ello que sus parámetros físicos hasta la fecha no han sido comprendidos con claridad. Debido a que la naturaleza de alta turbulencia y el gran contenido del aire en el flujo de las estructuras no han permitido un desarrollo confiable.

En el ámbito nacional tenemos a Lázaro (2019), quien determinó y evaluó las patologías de concreto para el canal de regadío Cayac del departamento de Ancash; utilizó su metodología no experimental, descriptiva de enfoque mixto, donde la población y muestra estaba conformado por el único canal Cayac con una longitud de 200 metros, y los instrumentos utilizados fueron fichas de inspección de datos para identificar los tipos de patologías. Los resultados indicaron que las grietas fueron 12%, erosión 28%, fracturamiento 40% que produjeron filtración y dificultad para la conducción del agua. Concluyó que su condición servicial del canal es mala por el gran impacto que tiene debido a las patologías de fracturamiento, erosión y grieta, que afectó la conducción de agua de manera fluida.

Asimismo, Zurita (2019), diseñó el canal de riego con el fin de mejorar producción agrícola del lugar Shupishiña; utilizó el diseño de investigación pre – experimental, donde la población y muestra fue el mismo canal con una longitud de 4 kilómetros, como instrumentos utilizó una guía de observación, guía de revisión bibliográfica y fichas bibliográficas, el análisis hidráulico lo hizo mediante el manual de hidráulica de la autoridad nacional del agua (ANA). En los resultados mostró el plano topográfico con una altimetría del terreno de la red de control vertical y perfil longitudinal de la red de horizontal. Concluyó que los estudios topográficos permitieron conocer el relieve del terreno, y con el cálculo hidráulico les resultó más fácil diseñar el canal para mejorar a la agricultura del sector Shupishiña.

A juicio de Aranda y Castillo (2018), realizaron la evaluación y propuesta de diseño del canal de regadío Coriac; emplearon la investigación no experimental, descriptivo simple, la población y muestra fue el único canal en estudio, como instrumento emplearon una ficha técnica. En los resultados indicaron que en el nuevo diseño hidráulico obtuvieron una base de 0.30 m, un tirante de 0.103 m, borde libre 0.20 m, y el espejo del agua fue 0.30m. Concluyeron que los parámetros del canal fueron base 0.30m, tirante 0.103m, borde libre 0.20, y un perímetro mojado de 0.506m siendo los más eficientes para la construcción del canal Coriac.

Localmente también se tienen estudios, como el de Paredes (2019) quien se propuso realizar el diseño de mejoramiento del canal de riego laguna viva; para ello empleó la investigación descriptivo simple, como población y muestra 225 pobladores, y como instrumento una ficha de observación. En los resultados del estudio hidrológico encontró un caudal de máxima avenida de 13.387 m³/s para un periodo de retorno de 500 años con una intensidad máxima de 60.506 mm/h y un tiempo de concentración en la cuenca con un valor de 13.635 minutos. Concluyó que mejoró el sistema de riego y por consiguiente aprovechó el recurso hídrico que permitió dar una mejor forma de vida en la localidad involucrada respetando el medio ambiente.

Castro (2019), en su estudio realizó el diseño del canal de regadío Pueblo Viejo; para ello empleó la investigación de diseño descriptivo simple, como población el área que abastece el canal y como muestra un tramo de 5.3 km de terreno, el instrumento fue una ficha de observación. Los resultados mostraron que en el estudio topográfico encontró pendientes transversales \geq al 51%. concluyó que el diseño del canal cumple con las normas de la Autoridad Nacional del Agua, así mismo mejoró el sistema de riego y aumentó las áreas de cultivo y la calidad de vivir para la población de una forma sostenible.

Por su parte Pacheco (2018), determinó las características técnicas para el diseño de mejoramiento del canal de riego EL Común, del departamento La Libertad; para lo cual empleó la investigación descriptivo simple, como población definió el mismo canal con una longitud de 5.5 km, como instrumento empleó una entrevista hacia el ingeniero responsable. Los resultados indicaron que en los estudios de suelo mediante SUCS Y ASSHTO, fue limo con arcilla (SC) y suelo limoso/ pobre a malo (A-4(0)). Límite líquido y plástico, 34 y 24% con un contenido de humedad 52.69%. Para el diseño del canal consideró un caudal máximo de 160 l/s dando los siguientes parámetros: $b=0.60\text{m}$, $s:0.002\text{ m/m}$, $y:0.1937\text{m}$, $A:0.1162\text{ m}^2$, $t:0.6\text{m}$. Finalmente concluyó que mediante H_{canales} estimó la sección del canal con base 0.60m en el fondo, con una altura de 0.70m y 10cm de ancho.

Para comprender a más detalle el desarrollo de las variables y sus dimensiones, explicamos a continuación su caracterización y funcionalidad, tanto a nivel teórico como normativo.

Los canales son conductos por el cual se transporta el agua mediante la gravedad y sin necesidad de presión, el agua circulante mantiene contacto con la atmósfera; estos canales pueden ser naturales o artificiales. Las secciones más comunes en los canales artificiales son trapezoidal, rectangular, triangular, parabólica y en secciones cerradas se tiene circular y herradura (Villon, 2007). Para analizar sus características del sistema de los canales de riego y su influencia del uso del agua de regadío, los datos se analizan con el método de la cabeza a la cola para medir el uso neto y bruto del agua de riego. Por lo que con la prueba de cabeza; se mide la cantidad de caudal desviada de la fuente, mientras que la prueba de cola; se emplea para cuantificar el agua que llega hacia los terrenos (Tianxiao, Mengxin, Qiang, Song y Dong, 2018).

Los canales de riego se clasifican según su función, canal de primer orden; estos se trazan con pendiente mínima. Canal de segundo orden; son aquellos que salen del canal madre. Canales terciarios; estos nacen de los secundarios, donde su caudal que ingresa de inmediato reparte hacia los terrenos. En el manual de criterios de diseño de obras hidráulicas, indica que los estudios básicos para el diseño de canales son los siguientes, geológicos(suelo), topográficos, hidrológicos e hidráulicos. Y para el diseño del canal incluye las obras de arte necesarias como captación (bocatoma), rápidas y desarenador (ANA, 2010).

Los estudios topográficos de campo son requisitos previos para lograr una alta precisión en el terreno de estudio. Los levantamientos topográficos manuales convencionales requieren de mayor trabajo, emplea mayor tiempo y una gran habilidad del operador. Por lo que actualmente existe un moderno levantamiento automatizado basado en sensores y conectado a un nivel láser (Manpreet, Sidhu, Yadvinder, Singh y Pandey, 2020).

El equipo topográfico estación total robótica facilita monitoreos y desplazamientos en el lugar de trabajo, por lo que utiliza su instrumento complementario denominado prisma que funciona como reflector, el cual permite extraer datos de alta precisión midiendo ángulos y distancias sin tener contacto con este equipo inteligente (Jiangou, Henglin, Weiwei, Weneng, Guanlan, 2020). Para realizar el método de ajuste óptimo de las redes de control de nivelación de clase baja y la modernizada, el proceso se ejecuta en dos etapas, en la primera se determinan los puntos referenciales atípicos (desplazamiento vertical). En la segunda etapa; la red se ajusta a los puntos atípicos midiendo nuevamente las diferencias de altura alrededor de los puntos y se realiza su análisis a través del método de diseño secuencial óptimo (Osada, Karsznia y Karsznia, 2019).

El modelo de Gauss – Helmert permite su posicionamiento de la estación total, que incluye los puntos de referencia del sistema de navegación por satélite global (GNSS) y la dirección vertical del modelo de la gravedad de la tierra global. El método GNSS requiere solamente la medición de dos puntos: su posición de la estación y el ángulo horizontal para la orientación de la estación total. Para desviar la plomada se toma desde el modelo de la gravedad global de la tierra, para una clara diferencia entre la dirección normal al elipsoide de referencia global y la dirección del vector gravedad local (Osada, Owczarek – Wesolowska y Sosnica, 2019). El método de ajuste de la curva circular para datos topográficos, estima los parámetros de la curva circular y su precisión en todas las circunstancias mediante la especificación de modelos estocásticos (Song, Ding, Li y Pu, 2018).

La hidrología aún todavía es un ámbito nuevo y emergente; por lo que los profesionales científicos todavía están tratando de conocer los procesos físicos, químicos, biológicos y su interacción para beneficiarse mejor de los complejos ecosistemas. Mientras que unos emplean métodos de experimentos y observación en laboratorio, otros se fijan en modelos matemáticos para la simulación de la hidrología, calidad del agua y crecimiento de biomasa en las húmedas (Latif y Mohamed, 2017).

La demanda del agua de riego, depende de varios factores siendo el método de riego, tipo de cultivos, la condición del suelo y su clima en la cual predomina. La precipitación principalmente se da mediante lluvias, donde sus principales instrumentos de medición son las estaciones meteorológicas; en términos cuantitativos el ciclo hidrológico se representa mediante la ecuación de continuidad (Ram, 2017). Para cuantificar el comportamiento del caudal y su sensibilidad de la demanda. Los métodos para cuantificar se basan en un algoritmo de pico secuencial extendido que permite rastrear el cambio dinámico en el comportamiento hidrológico del flujo de la corriente contabilizando el suministro y la demanda de agua con referencia al flujo de la corriente (Ravindranath y Devineni, 2020).

La absorción de agua y nutrientes son procesos biofísicos que dominan el crecimiento de los cultivos, mientras que la acción de la humanidad incluyendo la potencialidad de las máquinas de riego, preparación de la tierra y la mano de obra humana, son los que delimitan los recursos hídricos (Lyu, Dong y Pande, 2020). La evaporación de agua en los canales de riego, nos incentiva a desarrollar nuevas formas de riego más comunes. Por lo que, mediante el método dinámico, podemos estimar la pérdida por evaporación de una superficie de agua fluyente en los canales de riego (Weizhen, Xu, Liu, Wei, Feng, Wei, Dong, Wu, Kobayashi, 2019).

La calidad que proporciona el suelo, es la capacidad que tiene para producir dentro de los límites de la naturaleza y el uso de la tierra. La calidad del suelo depende de varios atributos físicos, químicos y biológicos (Aravindh, Chinnadurai y Balachandar, 2020). Se deduce la textura del suelo mediante espectroscopia visible del infrarrojo cercano (Vis-NIRS), este método alternativo de suelos bien conocidos y que nos ahorra bastante tiempo; el método obtiene directamente los PSC mediante parámetros de ajuste de Rosin-Rammler (α_R, β_R) y Fredlund (α_F, n_F y m_F). Así como también para determinar el contenido de materia orgánica (MO), se emplearon espectros usando la regresión de mínimos cuadrados parciales de intervalo directo (iPLS) (Hemansen, Knadel, Por Molde, Greve, Karup, De Jonge, 2017).

Para clasificar el suelo aparte del sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) y la asociación de estados unidos de funcionarios de carreteras estatales (AASHTO), existe un nuevo método de clasificación de suelo basado en la sensibilidad eléctrica. Este novedoso método de clasificación emplea nuevos parámetros como sensibilidad química y las propiedades en los fluidos de los poros del suelo (Guerrero y Cruz, 2018).

Para la estimación de conductividad hidráulica del suelo, se puede deducir mediante una conductividad hidráulica saturada (K_s) y casi saturada (K_{-10}) y su variabilidad espacial es de gran importancia para comprender el transporte de agua. Por lo cual resulta bastante trabajoso medir el parámetro K directamente, el parámetro K es más fácil de encontrarlo mediante las propiedades del suelo utilizando funciones de pedotransferencia (PTF), por lo que los PTF omiten las relaciones espaciales y la covarianza entre las relaciones del suelo (Zhang, Wendroth, Matocha y Zhu, 2020).

Para hacer de conocimiento los elementos geométricos en las secciones transversales del canal de sección trapezoidal son tirantes de agua, ancho de solera, espejo de agua, ancho de corona, borde libre, ángulo de inclinación, talud. Y las fórmulas más comunes en el diseño de canales son las que se presentan a continuación como la fórmula de Bazin, Ganglillet-Kutter, Kutter, Manning, Stickler (Villon, 2007). Las estrategias del diseño de canales para evitar la vulnerabilidad en sus proveedores de servicios son; la flexibilidad mediante múltiples rutas multinacionales, orientación según las rutas restringidas del canal y el inicio de la proactividad en la interacción (wunderlich, Hogleve, Chowdhury, Fleischer, Mousavi, Rotzmeyer-Keuper y Sousa, 2020).

Para el diseño de canales de riego con un costo total mínimo, consiste en diseñar la sección transversal óptima del canal de regadío; el cual disminuye los costos generales, los cuales incluye el costo del movimiento de tierra, revestimiento, pérdida de agua por infiltración y evaporación. El cual para su diseño hacemos referencia de emplear el método probabilistic global search lausane (El-Ghandou, Elbeltagi y Gabr, 2020).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación fue de tipo aplicada porque se utilizó la generación de conocimientos para la solución directa a un problema en la sociedad (Lozada, 2014); fue transversal porque estudió su aspecto de desarrollo del sujeto en un momento dado y fue descriptiva porque se exploró la variable interna y por lo que no tiene hipótesis centrales (INNSPUB, 2020).

El diseño de investigación considerado fue no experimental, por lo que no se hizo la manipulación directa de la variable en estudio; fue descriptivo simple, porque su única variable fue analizada para su posterior descripción de resultados (Hernández, Fernández y Baptista, 2014), cuyo esquema fue el siguiente:



Dónde:

M: Una longitud del terreno de 5.68327 km, desde la vertiente Tumacyacu hasta el anexo Miraflores.

O: Toma de datos topográficos, suelos, hidrológicos.

3.2. Variable y operacionalización

La variable de estudio fue diseño del canal de riego, de tipo cuantitativa. Y las dimensiones que la conformaron fueron: Levantamiento topográfico, estudio de mecánica de suelos, estudio hidrológico, diseño geométrico. Para visualizar de la matriz de operacionalización ver (anexo 3).

3.3. Población, muestra y muestreo

La población de estudio estaba conformada por el área de influencia del proyecto que lo comprendió el anexo Miraflores en el distrito de chillia de la provincia de Pataz del departamento La Libertad.

Su muestra estaba conformada por una longitud del terreno de 5.68327 km, desde la vertiente Tumacyacu con coordenadas (E: 226618 N: 9098718 Z: 3886) hasta el anexo Miraflores del distrito de Chillia de la provincia de Pataz del departamento La Libertad.

El muestreo de investigación considerado fue no probabilístico, muestreo por conveniencia.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para el presente estudio se empleó la técnica de la observación ya sea de campo como de laboratorio, y como instrumentos una guía de observación de campo (anexo 2) y una guía de campo, laboratorio (anexo 3 y 4); en el primer caso se registró datos de levantamiento topográfico y en el segundo caso se registró datos del estudio de mecánica de suelos.

Se utilizó la técnica de análisis documental, haciendo uso del instrumento ficha de registro (anexo 5), La cual registró datos del estudio hidrológico.

3.5. Procedimientos

Para el diseño del sistema de riego Tumacyacu; se empleó el manual de recursos hídricos del (ANA), el cual comprendió el siguiente procedimiento para la recolección de información, por lo que se realizó el levantamiento topográfico mediante una estación total del cual se obtuvo los puntos (PENZD) del lugar en estudio. En el estudio mecánica de suelos contribuyeron las normas SUCS y ASSHTO, y que consistió en extraer estratos de tierra a través de calicatas a cielo abierto para luego ser procesados en el laboratorio. Los estudios hidrológicos se extrajeron desde "NASA POWER, Prediction of Worldwide Energy Resources", de un satélite manipulado por la NASA. Luego para el diseño del canal de riego se emplearon programas sofisticados considerando todos los datos de los procedimientos anteriormente mencionados.

3.6. Método de análisis de datos

Después de recolectar los datos, para facilitar su procesamiento se utilizaron programas como: AutoCAD Civil 3D, para modelar y representar los perfiles longitudinales del canal; Hidroesta 2, para calcular el caudal máximo de avenida; Hcanales, para calcular los parámetros de la sección del canal en cada tramo diferente; Cropwat 8.0, para calcular la demanda de cultivos haciendo referencia en Food and Agriculture Organization (FAO); Soil Water Characteristics, para calcular las características del suelo que fueron ingresadas al programa Cropwat 8.0. Así como para el análisis de datos se empleó la estadística descriptiva.

3.7. Aspectos éticos

En el proyecto estudiado, diseño del sistema de riego Tumacyacu, anexo de Miraflores, distrito de Chillia, Patate, La Libertad – 2021; se enfatizó en los siguientes aspectos éticos a tener en cuenta que fueron: principio de veracidad (los datos serán reales y no copiados), ética (toda información extraída deberá estar citada). Por el cual se diseñó bajo el manual de la autoridad nacional de agua (ANA - 2010).

IV. RESULTADOS

4.1. Levantamiento topográfico del sistema de riego Tumacyacu, para modelar el terreno mediante curvas de nivel.

De acuerdo al levantamiento topográfico el terreno presentó pendientes transversales al eje del canal hasta el 71%, por lo que se determinó como un terreno accidentado.

Tabla 1: Relación de Benchs Marks (BMs)

Relación de Benchs Marks (BMs)				
BM	Progresiva	Norte	Este	Cota
1	0 + 000.000	9098771.695	226616.921	3723.084
2	0 + 500.000	9098711.341	226270.730	3691.318
3	1 + 292.000	9098598.883	225500.008	3564.097
4	1 + 858.000	9098990.943	225105.227	3535.362
5	2 + 495.000	9099222.636	224923.872	3497.793
6	3 + 465.000	9099206.430	224302.625	3380.890
7	4 + 025.000	9099534.257	223919.718	3366.536
8	4 + 695.000	9099403.329	223737.961	3331.996

Interpretación: En la tabla 1, se observa la relación de 8 Benchs Marks; donde cada uno de ellos presenta una progresiva, coordenadas este y norte, y su respectiva cota sobre el nivel del mar.

4.2. Estudio de mecánica de suelos del sistema de riego Tumacyacu.

El estudio consistió en extraer estratos de tierra de calicatas a cielo abierto al eje donde se ubicó el canal, luego fueron trasladados a laboratorio para obtener sus propiedades físicas como se muestran en las tablas más adelante.

Tabla 2: Relación de calicatas consideradas en el proyecto

Tabla de calicatas con profundidad 1.50 m				
N°	Progresiva	Norte	Este	Cota
C - 1	0 + 000.000	9098735.860	226642.693	3718.930
C - 2	1 + 000.000	9098590.788	225809.165	3615.583
CS1 – 3	1 + 000.000	9098443.849	224490.418	3443.678
C - 4	2 + 000.000	9099021.284	224966.775	3512.692
C - 5	3 + 000.000	9099175.938	224261.935	3375.633
C - 6	3 + 700.000	9099503.784	223715.604	3305.795

Interpretación: En la relación de calicatas tabla 2, se aprecia que todas las calicatas estaban a una profundidad de 1.5 m; además también se encontraron ubicadas a cada kilómetro, con coordenadas este y norte, y su cota de elevación sobre el nivel del mar.

Para un mejor entendimiento sobre las propiedades físicas de los estratos de las muestras extraídas, presentamos los resultados mediante tabla las cuales se muestran a continuación.

Tabla 3: Clasificación de las muestras de suelo

Se clasificaron de las muestras de suelo mediante SUCS y AASTHO						
N°	progresiva	AASTHO	SUCS	Humedad %	% LL	% LP
C - 1	0 + 000.000	A - 4 (2)	SC	10.7	25.8	17.6
C - 2	1 + 000.000	A - 4 (2)	SM	32.1	39.3	30.4
CS1 - 3	1 + 000.000	A - 4 (5)	ML	35	32.2	24
C - 4	2 + 000.000	A - 4 (5)	ML	60	34.3	24.6
C - 5	3 + 000.000	A - 6 (11)	CL	32.4	38	27.7
C - 6	3 + 700.000	A - 6 (11)	CL	13	35	24.4

Interpretación: En la tabla 3, se observa que se consideraron 6 calicatas ubicadas a cada kilómetro, donde su textura de suelo fue clasificada según las normas AASTHO y SUCS; y que además cada muestra de suelo contenía un nivel porcentual de humedad.

Tabla 4: descripción del suelo de cada muestra

Descripción del suelo	
C - 1	Arena arcillosa con grava
C - 2	Arena limosa
CS1 - 3	Arena limosa
C - 4	Limo arenoso de baja plasticidad
C - 5	Arcilla arenosa de baja plasticidad
C - 6	Arcilla arenosa de baja plasticidad

Interpretación: como se observó en la tabla 4, mediante el estudio de mecánica de suelos nos muestra la descripción final de cada muestra del suelo que fueron arena arcillosa con grava, arena limosa, limo arenoso de baja plasticidad y arcilla arenosa de baja plasticidad.

4.3. Estudio hidrológico del sistema de riego Tumacyacu.

En el estudio se realiza con la finalidad de obtener el caudal máximo de avenida de la cuenca (río), para ello es necesario contar con las precipitaciones y el área de la cuenca.

Las precipitaciones fueron obtenidas de NASA POWER, Prediction of Worldwide Energy Resources, para la cuenca Tumacyacu con Latitud: -8.15256, Longitud: -77.472204.

4.3.1. Cálculo de intensidades de lluvia en mm/h según periodos de retorno.

La intensidad máxima nos sirve para calcular el caudal máximo de avenida, pero para ello fue necesario realizar una serie de cálculos que se presentan las tablas a continuación.

Tabla 5: Precipitación máxima mensual en 24 horas

DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hrs. (mm)													
Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Máx
1981	14.55	25.93	20.56	6.97	10.52	15.08	6.93	7.63	5.08	24.59	21.81	19.73	25.93
1982	19.61	18.86	15.97	6.23	12.57	6.53	2.53	2.07	13.31	11.36	1.91	1.72	19.61
1983	3.15	1.16	1.31	22.84	1.34	0.9	0.5	0.35	0.09	0.17	11.43	17.89	22.84
1984	20.31	20.5	15.18	11.26	10.35	21.11	11.43	8.45	11.64	8.03	15.85	6.11	21.11
1985	16	7.92	27.22	31.19	5.34	4.91	8.54	6.27	12.03	6.97	8.69	10.23	31.19
1986	27.15	15.31	15.46	16.83	12.88	7.28	8.92	10.41	15.39	10.38	13.12	19.9	27.15
1987	19.27	14.67	11.77	13.52	15.26	9.1	13.92	6.83	5.52	15.7	30.79	12.27	30.79
1988	7.29	13.96	15.2	23.05	10.08	2.99	4.18	4.97	6.3	13.31	11.69	7.75	23.05
1989	15.37	15.46	17.98	12.02	6.46	9.64	7.25	5.97	8.71	12.83	7.83	4.63	17.98
1990	15.93	16.51	18.87	6.96	12.2	10.04	2.68	6.89	10.9	13.02	22.36	29.66	29.66
1991	9.64	21	7.84	17.36	6.57	4.96	3.88	1.07	5.09	7.3	16.08	5.82	21.00
1992	8.47	20.62	13.59	5.9	17.45	5.14	7.57	12.84	11.66	26.45	20.77	10.84	26.45
1993	12.92	14.82	18.36	15.42	5.13	11.11	9.18	10.82	18.27	17.73	17.59	16.44	18.36
1994	14.71	22.62	12.19	10.83	7.52	2.38	9.44	4.07	10.21	19.38	18.38	13.23	22.62
1995	22.26	21.89	16.74	9.07	18.84	2.31	10.61	9.94	16.03	10.85	15.16	11.13	22.26
1996	15.28	19.59	13.32	16.57	12.68	10.38	3.31	6.25	10.78	17.46	9.52	13.58	19.59
1997	12.61	12.07	12.77	16.47	11.13	3.82	3.27	8.57	11.02	13.67	16.06	16.26	16.47
1998	11.31	16.51	24.34	14.03	18.92	8.6	3.16	3.19	11.16	15.51	17.29	19.36	24.34
1999	20.46	19.93	22.44	10.89	11.15	15.06	7.83	6.95	15.39	18.59	13.16	21.23	22.44
2000	9.05	14.28	15.57	20.09	13.53	15.57	9.76	2.94	9.17	27.98	15.11	19.87	27.98
2001	7.18	16.24	21.52	18.96	15.27	6.96	13.24	3.68	9.95	7.8	45.26	17.38	45.26
2002	6.43	15.81	19.84	26.84	19.53	11.63	6.91	10.04	12.35	5.79	8.63	15.39	26.84
2003	2.94	15.42	9.46	10.6	21.23	10.74	11.01	16.3	7.04	7.76	14.25	25.86	25.86
2004	16.89	12.3	17.45	9.73	5.3	0.94	9.35	2.52	4.74	24.29	34.88	12.73	34.88
2005	18.9	28.3	8.94	9.42	10.41	12.18	3.24	7.36	11.05	31.59	6.93	22.47	31.59
2006	18.1	32.01	14.03	22.42	2.17	2.52	2.41	4.49	13.64	8.45	9.66	6.53	32.01
2007	7.1	8.68	13.32	20.24	6.61	0.68	0.22	2.22	2.27	9.04	16.47	5.27	20.24
2008	16.7	23.5	13.17	11.89	7.12	7.52	3.75	3.08	11.81	5.67	25.99	5.19	25.99
2009	15.4	9.83	24.6	24.08	15.11	6.56	1.66	8.59	11.76	7.04	7.5	3.46	24.60
2010	6.94	10.39	2.93	6.49	9.42	4.07	9.44	6.43	1.98	20.74	6.9	4.51	20.74
2011	3.78	5.2	8.06	14.26	8.13	6.16	7.11	1.42	13.63	14.86	10.16	9.38	14.86
2012	8.31	15.85	8.56	17.29	5.93	6.54	7.25	11.35	11.82	29.18	6.46	10.01	29.18
2013	15.25	15.81	6.67	12.09	46.45	11.85	11.49	13.5	28.01	43.67	21.31	30.11	46.45
2014	20.51	13.45	24.3	15.69	20.79	6.9	6.91	10.02	8.12	25.59	12.16	23.58	25.59
2015	10.08	14.17	18.37	7.77	17.41	6.4	9.56	3.71	22.53	7.55	17.64	14.41	22.53
2016	35.67	19.1	17.25	13.11	7.77	12.04	7.25	5.03	10.7	7.82	10.01	42.48	42.48
2017	13.63	18.38	23.23	11.66	23.05	12.7	5.14	10.83	9.88	12.88	36.09	21.52	36.09
2018	21.35	29.79	14.76	33.64	12.15	17.11	12.07	79.61	3.74	15.12	21.59	14.28	79.61
2019	13.91	11.77	11.64	13.22	20.7	13.42	14.36	5.09	5.08	12.43	46.89	25.61	46.89
2020	9.39	20.27	6.23	13.47	3.52	7.72	30.35	9.71	4.37	3.4	12.7	20.07	30.35

2021	10.18	16.95	13.92									16.95
------	-------	-------	-------	--	--	--	--	--	--	--	--	-------

Interpretación: En la tabla 5, Se observa las precipitaciones máximas mensuales y anuales en 24 horas, donde estas se encontraron en unidades de milímetros entre los años 1981 al 2021.

Tabla 6: Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel

Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel				
Nº	Año	Mes Max. Precip.	Precipitación (mm)	
			x_i	$(x_i - x)^2$
1	1981	Febrero	25.93	4.47
2	1982	Enero	19.61	71.13
3	1983	Abril	22.84	27.08
4	1984	Junio	21.11	48.08
5	1985	Abril	31.19	9.90
6	1986	Enero	27.15	0.80
7	1987	Noviembre	30.79	7.54
8	1988	Abril	23.05	24.94
9	1989	Marzo	17.98	101.29
10	1990	Diciembre	29.66	2.61
11	1991	Febrero	21.00	49.62
12	1992	Octubre	26.45	2.54
13	1993	Marzo	18.36	93.78
14	1994	Febrero	22.62	29.42
15	1995	Enero	22.26	33.46
16	1996	Febrero	19.59	71.47
17	1997	Abril	16.47	133.96
18	1998	Marzo	24.34	13.72
19	1999	Marzo	22.44	31.41
20	2000	Octubre	27.98	0.00
21	2001	Noviembre	45.26	296.39
22	2002	Abril	26.84	1.45
23	2003	Diciembre	25.86	4.77
24	2004	Noviembre	34.88	46.73
25	2005	Octubre	31.59	12.57
26	2006	Febrero	32.01	15.73
27	2007	Abril	20.24	60.90
28	2008	Noviembre	25.99	4.22
29	2009	Marzo	24.60	11.86
30	2010	Octubre	20.74	53.35
31	2011	Octubre	14.86	173.82
32	2012	Octubre	29.18	1.29

33	2013	Mayo	46.45	338.78
34	2014	Octubre	25.59	6.02
35	2015	Septiembre	22.53	30.41
36	2016	Diciembre	42.48	208.39
37	2017	Noviembre	36.09	64.74
38	2018	Agosto	79.61	2659.04
39	2019	Noviembre	46.89	355.17
40	2020	Julio	30.35	5.32
41	2021	Febrero	16.95	123.08
41		Suma	1149.8	5231.3

Interpretación: De acuerdo a la tabla 6, se observa que en el método Gumbel se realizó un ajuste de datos de máximas precipitaciones anuales mediante mínimos cuadrados.

Tabla 7: variables probabilísticas

Cálculo de variables probabilísticas		
Precipitación promedio =	$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} =$	= 28.04 mm
Desviación estándar =	$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} =$	= 11.44 mm
Parámetro de distribución =	$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * s =$	= 8.92 mm
	$u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha =$	= 22.90 mm
Probabilidad de precipitación =	$F_{(x)} = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}}$	

Interpretación: Como se observa en la tabla 7: Muestra los resultados del cálculo de variables probabilísticas con una desviación estándar de 28.04 mm y otras variables necesarias.

Tabla 8: precipitaciones diarias máximas probables para distintas frecuencias.

Cálculo de las Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias				
<i>Periodo Retorno</i>	<i>Variable Reducida</i>	<i>Precip. (mm)</i>	<i>Prob. de ocurrencia</i>	<i>Corrección intervalo fijo</i>
Años	YT	XT'(mm)	F(xT)	XT (mm)
2	0.3665	26.1655	0.5000	29.5671
5	1.4999	36.2718	0.8000	40.9872
10	2.2504	42.9631	0.9000	48.5483
25	3.1985	51.4175	0.9600	58.1018
50	3.9019	57.6895	0.9800	65.1891
100	4.6001	63.9151	0.9900	72.2241
500	6.2136	78.3016	0.9980	88.4809

Interpretación: En la tabla 8, se observa que, para el cálculo de precipitaciones diarias probables, se dan como datos base los periodos de retorno para encontrar la variable reducida.

Tabla 9: Coeficientes para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas

Duraciones, en horas									
1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
0.30	0.39	0.46	0.52	0.57	0.61	0.68	0.80	0.91	1.00
Fuente: D. F. Campos A., 1978									

Tabla 10: Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias.

Tiempo de Duración	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	29.567	40.987	48.548	58.102	65.189	72.224	88.481
18 hr	X18 = 91%	26.906	37.298	44.179	46.481	59.322	65.724	80.518
12 hr	X12 = 80%	23.654	32.790	38.839	46.481	52.151	57.779	70.785
8 hr	X8 = 68%	20.106	27.871	33.013	39.509	44.329	49.112	60.167
6 hr	X6 = 61%	18.036	25.002	29.614	35.442	39.765	44.057	53.973
5 hr	X5 = 57%	16.853	23.363	27.673	33.118	37.158	41.168	50.434
4 hr	X4 = 52%	15.375	21.313	25.245	30.213	33.898	37.557	46.010
3 hr	X3 = 46%	13.601	18.854	22.332	26.727	29.987	33.223	40.701
2 hr	X2 = 39%	11.531	15.985	18.934	22.660	25.424	28.167	34.508
1 hr	X1 = 30%	8.870	12.296	14.564	17.431	19.557	21.667	26.544

Interpretación: En la tabla 10, se muestra las precipitaciones máximas para tiempos de duración de 1 hora hasta 24 horas y con periodos de retorno de 2 años a 500 años.

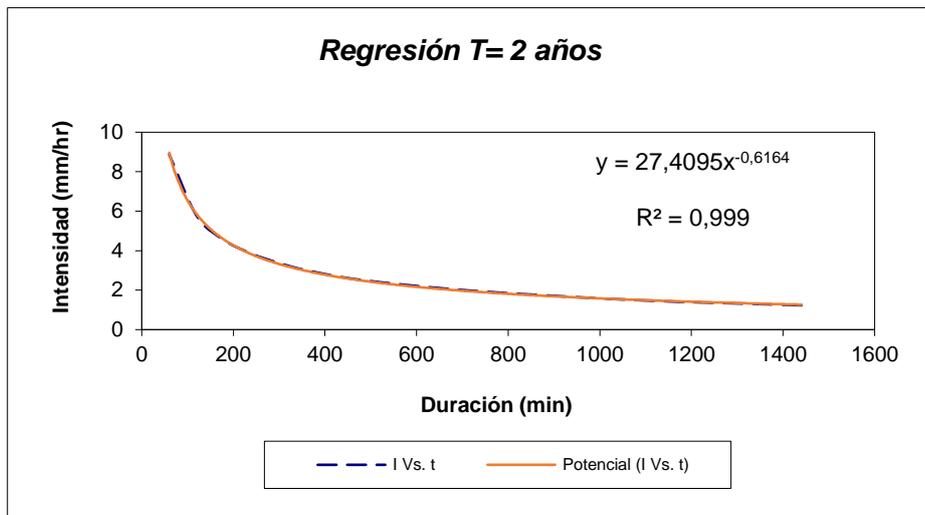
Tabla 11: Intensidades de lluvia para periodos de retorno de 2 a 500 años.

Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno						
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	1440	1.2320	1.7078	2.0228	2.4209	2.7162	3.0093	3.6867
18 hr	1080	1.4948	2.0721	2.4544	2.5823	3.2957	3.6513	4.4732
12 hr	720	1.9711	2.7325	3.2366	3.8735	4.3459	4.8149	5.8987
8 hr	480	2.5132	3.4839	4.1266	4.9387	5.5411	6.1390	7.5209
6 hr	360	3.0060	4.1670	4.9357	5.9070	6.6276	7.3428	8.9956
5 hr	300	3.3706	4.6725	5.5345	6.6236	7.4316	8.2335	10.0868
4 hr	240	3.8437	5.3283	6.3113	7.5532	8.4746	9.3891	11.5025
3 hr	180	4.5336	6.2847	7.4441	8.9089	9.9957	11.0744	13.5671
2 hr	120	5.7656	7.9925	9.4669	11.3298	12.7119	14.0837	17.2538
1 hr	60	8.8701	12.2962	14.5645	17.4305	19.5567	21.6672	26.5443

Interpretación: Como se observa en la tabla 11, las precipitaciones máximas para periodos de retorno de 2 a 500 años, se dan en un tiempo de duración de 60 minutos; las cuales nos sirven para el cálculo del caudal máximo de avenida empleando el método racional.

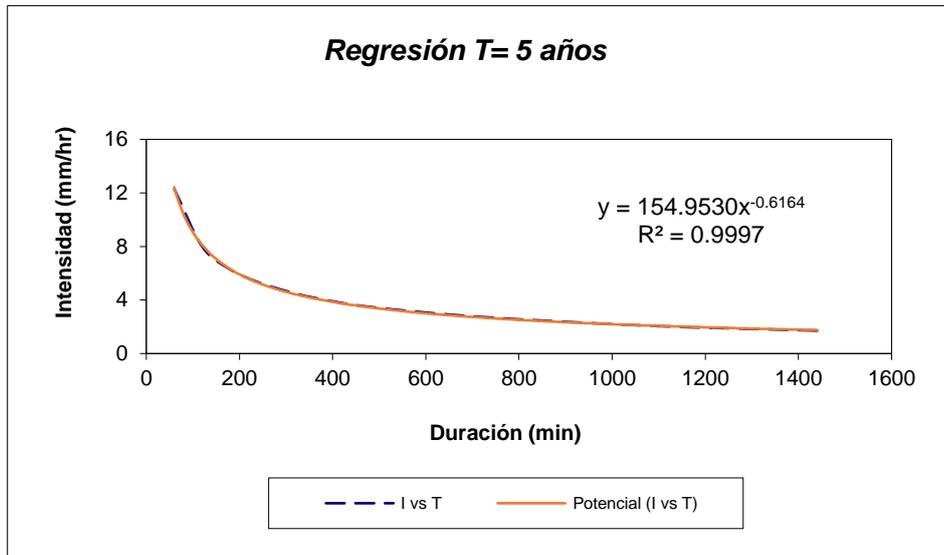
Para una mejor comprensión se presentan las curvas de intensidad – duración y periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años. Estas curvas presentadas a continuación muestran la manera como se relacionan las variables mencionadas.

Gráfico 1: Curva intensidad – duración – periodo de retorno 2 años



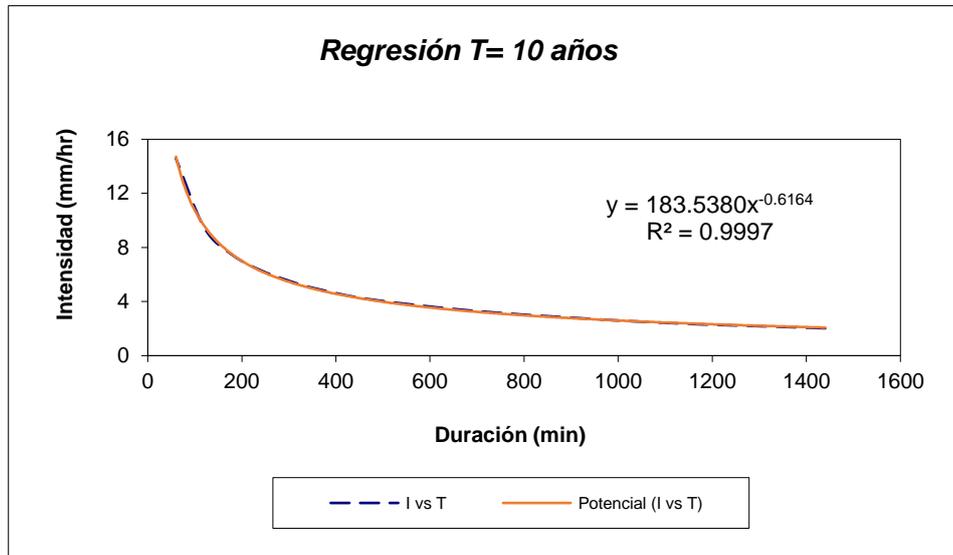
Interpretación: como se aprecia en el gráfico 1, la curva para un periodo de retorno 2 años, llega a un punto más alto con una duración de 60 minutos y una intensidad máxima de 8.8701 mm/hr, así mismo el punto más bajo con 1440 minutos con una intensidad de 1.2320 mm/hr.

Gráfico 2: Curva intensidad – duración – periodo de retorno 5 años



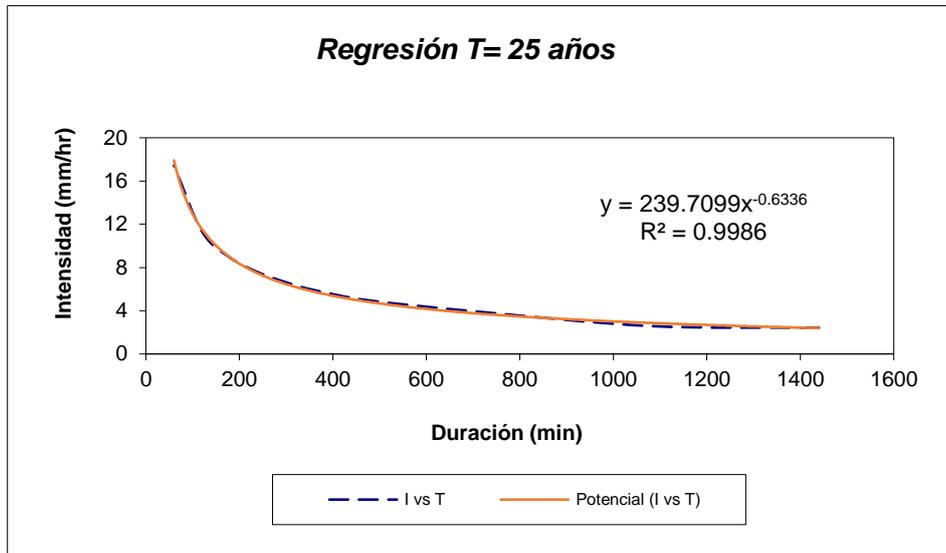
Interpretación: En el gráfico 2, la curva IDT para un periodo de retorno 5 años, llega a un punto de mayor altitud con una duración de 60 minutos y una intensidad máxima de 12.6922 mm/hr, así mismo el punto más bajo con 1440 minutos con una intensidad de 1.7078 mm/hr.

Gráfico 3: Curva intensidad – duración – periodo de retorno 10 años



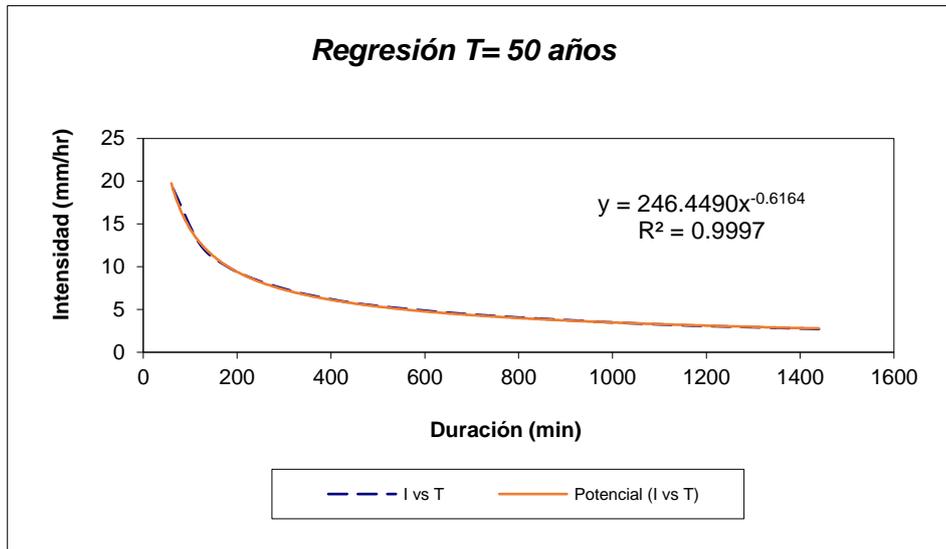
Interpretación: como se observa en el gráfico 3, la curva para un periodo de retorno 10 años, llega a un punto más elevado con una duración de 60 minutos y una intensidad máxima de 14.5645 mm/hr, así mismo el punto más bajo con 1440 minutos con una intensidad de 2.0228 mm/hr.

Gráfico 4: Curva intensidad – duración – periodo de retorno 25 años



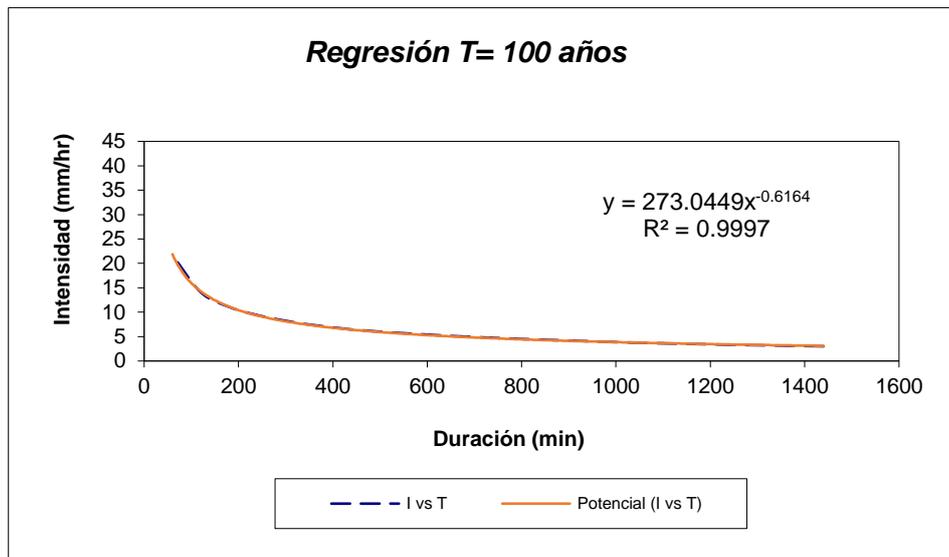
Interpretación: En el gráfico 4, la curva IDT para un periodo de retorno 25 años, llega a un punto más alto con una duración de 60 minutos y una intensidad máxima de 17.4305 mm/hr, así mismo el punto más bajo con 1440 minutos con una intensidad de 2.4209 mm/hr.

Gráfico 5: Curva intensidad – duración – periodo de retorno 50 años



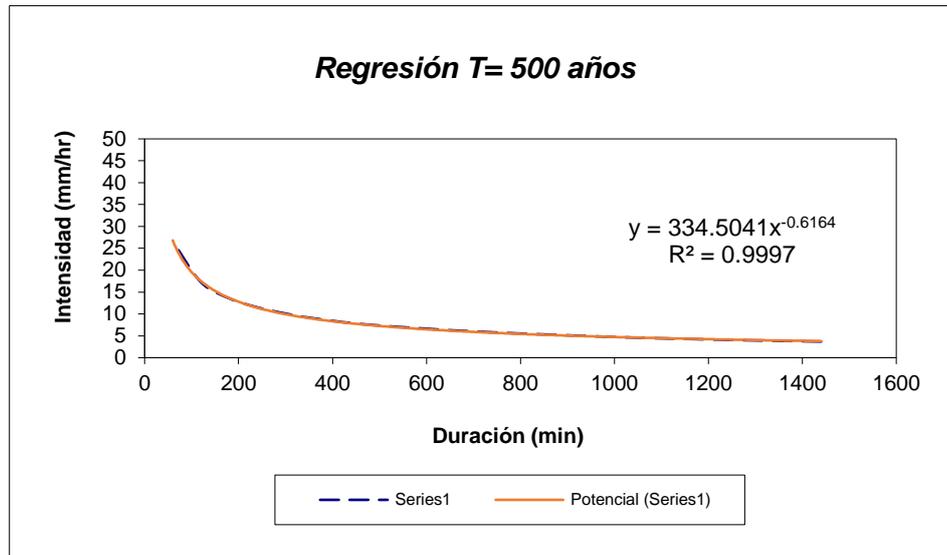
Interpretación: Como se observa en el gráfico 5, la curva para un periodo de retorno 50 años, llega a un punto más crecido con una duración de 60 minutos y una intensidad máxima de 19.5567 mm/hr, así mismo el punto menos elevado con 1440 minutos con una intensidad de 2.7162 mm/hr.

Gráfico 6: Curva intensidad – duración – periodo de retorno 100 años



Interpretación: En el gráfico 6, la regresión para un periodo de retorno 100 años, llega a un punto de mayor altitud con una duración de 60 minutos y una intensidad máxima de 21.6672 mm/hr, así mismo el punto más bajo con 1440 minutos con una intensidad de 3.0093 mm/hr.

Gráfico 7: Curva intensidad – duración – periodo de retorno 500 años



Interpretación: En el gráfico 7, la regresión para un periodo de retorno 500 años, llega a un punto más elevado con una duración de 60 minutos y una intensidad máxima de 26.5443 mm/hr, así mismo el punto más bajo con 1440 minutos con una intensidad de 3.6867 mm/hr.

4.3.2. Cálculo del caudal de máxima avenida con Hidroesta 2.

Se cálculo el caudal máximo utilizando el método Racional, es aquí donde necesitamos el área de la cuenca y los tipos de cultivo la cual predominan, así mismo la pendiente del terreno que presentó la cuenca, como también las intensidades máximas ya calculadas anteriormente para duraciones de 60 minutos. Para una mejor apreciación se muestra el proceso a continuación empleando el programa Hidroesta 2.

Serie de datos de área, cobertura y de C parciales:

N°	Área	Cobertura	Textura	Pendiente	C
1	206.29	Praderas	Franco arenosa	23	0.2
2	0.1	Terrenos cultivados	Franco arenosa	23	0.5

C ponderado: 0.2
Área total: 206.39 has

Cálculo del I máxima:

Valores de T, D y Imáx:

Trío	T (años)	Duración (min)	I máx (mm/hr)
1	2	60	8.8701
2	5	60	12.2962
3	10	60	14.6545
4	25	60	17.4305
5	50	60	19.5567
6	100	60	21.6672
7	500	60	26.5443

La I máx para un período de retorno de 500 años y una duración de 15.12 min, es 14.59 mm/hr

Resultados de los cálculos:

Coeficiente C: 0.2

Área de la cuenca: 206.39 has

I máx: 14.59 mm/hr

Q máx: 1.673 m³/s

4.3.3. Cálculo del caudal de diseño para el canal de riego.

El cálculo del caudal de diseño (requerimiento de agua para los cultivos) fue calculado según Food and Agriculture Organization (FAO) empleando su programa Cropwat 8.0. Los datos empleados para el cálculo fueron obtenidos de NASA POWER, Prediction of Worldwide Energy Resources, para la cuenca Tumacyacu con Latitud: -8.15256, Longitud: -77.472204.

4.3.3.1. Relación de datos a analizar en el programa Cropwat 8.0

Se presentaron los promedios mensuales de los datos de temperatura máxima (T.max), temperatura mínima (T.min), precipitación y velocidad del viento entre los años 1981 y 2021, para realizar el cálculo de la demanda de agua de los cultivos como se muestran en la tabla 12. En las tablas 13, 14 y 15 se mostraron las cédulas, general, actual y proyectada. Además, se consideró una eficiencia de riego del 40 %, es decir los datos en las tablas mencionadas fueron datos principales para el cálculo del caudal requerido.

Tabla 12: Datos hidrometeorológicos mensuales

Los datos mostrados en la siguiente tabla fueron extraídos desde NASA POWER, Prediction of Worldwide Energy Resources, para la cuenca en estudio denominada Tumacyacu con Latitud: -8.15256, Longitud: -77.472204.

Cuenca Tumacyacu – Lat: -8.15256, Long: -77.472204					
PROMEDIO	T. Máx (°C)	T. Min (°C)	Precipitación (mm)	H. Relativa (%)	Viento (m/s)
ENE	25.57	4.30	89.86	79.17	1.61
FEB	24.53	5.10	99.72	81.09	1.58
MAR	25.54	4.34	106.28	82.30	1.51
ABR	22.79	4.10	79.27	82.55	1.61
MAY	23.00	2.31	55.04	80.78	1.65
JUN	21.41	1.31	30.63	77.78	1.82
JUL	21.98	0.26	25.72	74.18	1.99
AGO	22.42	1.08	23.21	70.79	2.23
SET	23.96	2.63	40.99	71.21	2.24
OCT	24.60	4.17	71.73	73.78	1.95
NOV	24.63	3.28	87.16	75.58	1.64
DIC	24.44	4.09	97.57	77.73	1.57

Interpretación: En la tabla 12, se muestran los datos promedios mensuales de temperaturas, precipitación, humedad relativa y velocidad del viento para la cuenca Tumacyacu.

A continuación, se presentaron las cédulas de cultivos del proyecto como fueron cédula general, cédula actual y cédula proyectada.

Tabla 13: Cedula general

Cedula general				
Área que alcanza irrigar el canal				suelo
N°	AREA (has)	% has	COBERTURA	TEXTURA
1	227	21.49%	FORESTAL	LIMOSA
2	62.5	5.92%	PRADERAS	LIMOSA
3	766.89	72.60%	CULTIVADO	LIMOSA
Suma	1056.39	100%	-----	-----

Interpretación: En la tabla 13, se muestra el diseño del canal, la cual alcanza irrigar 1056.39 hectáreas, donde 766.89 hectáreas ya están cultivadas y 289.5 hectáreas que aún no están cultivadas con cobertura forestal y de praderas. Además, toda el área que alcanza irrigar el canal contiene una textura de suelo limosa.

Tabla 14: Cedula de cultivos en la actualidad

CULTIVOS	AREA	%
Pasto	690.2010	90%
Papa	46.0134	6%
Haba	15.3378	2%
Cebada	15.3378	2%
TOTAL	766.89	100%

Interpretación: En la tabla 14, Se muestran los cultivos que se tienen en la actualidad y que alcanzan un área total de 766.89 hectáreas.

Tabla 15: Cedula Projectada de cultivos

Cedula de cultivos Projectada		
CULTIVOS	AREA	%
Pasto	231.600	80%
Papa	28.950	10%
Haba	14.475	5%
Cebada	14.475	5%
TOTAL	289.50	100%

Interpretación: En la tabla 15, se muestran los cultivos a incrementar y que alcanzan un área total de 289.50 hectáreas.

4.3.3.2. Resultados del análisis de datos en Cropwat 8.0

Después del análisis de los datos, el programa Cropwat devolvió coeficientes de caudal en litros por segundo por hectárea (l/s/h), el cual fueron multiplicados por las áreas del cultivo en análisis para obtener el caudal en litros por segundo (l/s), por lo que en todos los cultivos se disponían de áreas actuales y proyectadas, entonces se había tenido caudal actual y proyectado, donde la suma de ambos nos dio el caudal demandado del cultivo, el caudal demandado de cultivos fue la suma del máximo de cada tipo de cultivo. Se asumió una eficiencia de riego del 40 %, los demás datos fueron extraídos directamente del software, excepto del coeficiente de los cultivos (Kc) que se promedió, este proceso se reflejó en las tablas 16, 17, 18 y 19 presentadas a continuación.

Donde la evapotranspiración referencial Eto (mm/día): Dato calculado en el programa Cropwat 8.0, que para ello fueron necesarios los datos agroclimatológicos de la cuenta (Tumacyacu) en estudio, datos como temperatura máxima y mínima en °c, humedad (%), viento en (m/s), insolación (haras).

Tabla 16: Demanda del caudal de agua para el cultivo de Pasto.

CULTIVO DE PASTO										
Mes	Eficiencia de riego %	Evapotranspiración Referencial del cultivo (Eto)	Precipitación Efectiva (mm/mes)	Coficiente medio del cultivo (Kc)	Evapotranspiración del cultivo (Etc)	Áreas actuales cultivadas (ha)	Caudal de cultivo actual (l/s)	Áreas proyectadas a sembrar (ha)	Caudal de áreas proyectadas a sembrar (l/s)	Caudal demandado (l/s)
E	40	5.56	47.9	0.40	2.2	690.2	55.2	231.6	18.5	73.7
F	40	5.34	55.8	0.52	2.2	690.2	62.1	231.6	20.8	83.0
M	40	5.47	61.0	0.70	3.8	690.2	144.9	231.6	48.6	193.6
A	40	4.51	39.4	0.92	4.2	690.2	227.8	231.6	76.4	304.2
M	40	4.23	23.0	1.00	4.2	690.2	276.1	231.6	92.6	368.7
J	40	3.79	8.4	1.02	3.9	690.2	283.0	231.6	95.0	377.9
J	40	4.06	5.4	1.00	3.9	690.2	310.6	231.6	104.2	414.8
A	40	4.50	3.9	1.00	4.5	690.2	352.0	231.6	118.1	470.1
S	40	5.13	14.6	0.99	5.1	690.2	365.8	231.6	122.7	488.6
O	40	5.40	33.4	0.98	5.3	690.2	338.2	231.6	113.5	451.7
N	40	5.54	45.8	0.96	5.3	690.2	303.7	231.6	101.9	405.6
D	40	5.37	54.1	0.64	3.4	690.2	131.1	231.6	44.0	175.1
							caudal (l/s)			488.6

Interpretación: En la tabla 16, se muestran los resultados para cada mes; donde el caudal máximo del cultivo de pasto se dio en el mes de septiembre con 488.6 l/s.

Tabla 17: Demanda del caudal de agua para el cultivo de Papa.

CULTIVO DE PAPA										
Mes	Eficiencia de riego %	Evapotranspiración Referencial del cultivo (Eto)	Precipitación Efectiva (mm/mes)	Coeficiente medio del cultivo (Kc)	Evapotranspiración del cultivo (Etc)	Áreas actuales cultivadas (ha)	Caudal de cultivo actual (l/s)	Áreas proyectadas a sembrar (ha)	Caudal de áreas proyectadas a sembrar (l/s)	Caudal demandado (l/s)
E	40	5.56	47.9	0.50	2.8	46.01	2.76	28.95	1.74	4.50
F	40	5.34	55.8	0.50	2.7	46.01	3.68	28.95	2.32	6.00
M	40	5.47	61.0	0.58	3.2	46.01	6.44	28.95	4.05	10.49
A	40	4.51	39.4	0.83	3.8	46.01	12.88	28.95	8.11	20.99
M	40	4.23	23.0	1.05	4.5	46.01	19.79	28.95	12.45	32.23
J	40	3.79	8.4	1.22	4.6	46.01	23.01	28.95	14.48	37.48
J	40	4.06	5.4	1.20	4.9	46.01	25.31	28.95	15.92	41.23
A	40	4.50	3.9	1.20	5.4	46.01	28.07	28.95	17.66	45.73
S	40	5.13	14.6	1.16	6.0	46.01	28.99	28.95	18.24	47.23
O	40	5.40	33.4	1.04	5.6	46.01	24.39	28.95	15.34	39.73
N	40	5.54	45.8	0.90	5.0	46.01	18.41	28.95	11.58	29.99
D	40	5.37	54.1	0.83	4.4	46.01	4.60	28.95	2.90	7.50
caudal (l/s)										47.227

Interpretación: como se observa en la tabla 17, se muestran los resultados para cada mes; donde el caudal máximo del cultivo de papa se dio en el mes de septiembre con 47.227 l/s.

Tabla 18: Demanda del caudal de agua para el cultivo de Haba.

CULTIVO DE HABA										
Mes	Eficiencia de riego %	Evapotranspiración Referencial del cultivo (Eto)	Precipitación Efectiva (mm/mes)	Coefficiente medio del cultivo (Kc)	Evapotranspiración del cultivo (Etc)	Áreas actuales cultivadas (ha)	Caudal de cultivo actual (l/s)	Áreas proyectadas a sembrar (ha)	Caudal de áreas proyectadas a sembrar (l/s)	Caudal demandado (l/s)
E	40	5.56	47.9	1.19	6.7	15.34	9.20	14.48	8.69	17.89
F	40	5.34	55.8	1.21	6.5	15.34	7.98	14.48	7.53	15.50
M	40	5.47	61.0	1.19	6.5	15.34	8.13	14.48	7.67	15.80
A	40	4.51	39.4	1.21	5.5	15.34	7.36	14.48	6.95	14.31
M	40	4.23	23.0	1.17	4.9	15.34	7.36	14.48	6.95	14.31
J	40	3.79	8.4	2.13	8.1	15.34	5.67	14.48	5.36	11.03
J	40	4.06	5.4	0.51	2.1	15.34	3.37	14.48	3.18	6.56
A	40	4.50	3.9	0.68	3.1	15.34	5.21	14.48	4.92	10.14
S	40	5.13	14.6	0.91	4.7	15.34	7.36	14.48	6.95	14.31
O	40	5.40	33.4	1.14	6.1	15.34	9.05	14.48	8.54	17.59
N	40	5.54	45.8	1.19	6.6	15.34	9.05	14.48	8.54	17.59
D	40	5.37	54.1	1.21	6.5	15.34	8.44	14.48	7.96	16.40
							caudal (l/s)			17.888

Interpretación: En la tabla 18, se mostraron los resultados para cada mes; donde el caudal máximo del cultivo de haba se dio en el mes de enero con 17.888 l/s.

Tabla 19: Demanda del caudal de agua para el cultivo de Cebada.

CULTIVO DE CEBADA										
Mes	Eficiencia de riego %	Evapotranspiración Referencial del cultivo (Eto)	Precipitación Efectiva (mm/mes)	Coefficiente medio del cultivo (Kc)	Evapotranspiración del cultivo (Etc)	Áreas actuales cultivadas (ha)	Caudal de cultivo actual (l/s)	Áreas proyectadas a sembrar (ha)	Caudal de áreas proyectadas a sembrar (l/s)	Caudal demandado (l/s)
E	40	5.56	47.9	0.40	6.7	15.34	9.20	14.48	8.69	17.89
F	40	5.34	55.8	0.52	6.5	15.34	7.98	14.48	7.53	15.50
M	40	5.47	61.0	0.70	6.5	15.34	8.13	14.48	7.67	15.80
A	40	4.51	39.4	0.91	5.5	15.34	7.36	14.48	6.95	14.31
M	40	4.23	23.0	1.00	5.0	15.34	7.52	14.48	7.09	14.61
J	40	3.79	8.4	1.00	9.2	15.34	7.21	14.48	6.80	14.01
J	40	4.06	5.4	1.00	2.0	15.34	3.37	14.48	3.18	6.56
A	40	4.50	3.9	1.00	2.7	15.34	4.60	14.48	4.34	8.94
S	40	5.13	14.6	1.00	4.3	15.34	6.75	14.48	6.37	13.12
O	40	5.40	33.4	0.98	5.8	15.34	8.44	14.48	7.96	16.40
N	40	5.54	45.8	0.96	6.6	15.34	9.05	14.48	8.54	17.59
D	40	5.37	54.1	0.95	6.5	15.34	8.44	14.48	7.96	16.40
							caudal (l/s)			17.888

Interpretación: como se observa en la tabla 19, se muestran los resultados para cada mes; donde el caudal máximo del cultivo de cebada se da en el mes de enero con 17.888 l/s.

Tabla 20: Caudal demandado de los cultivos

Caudal demandado de los cultivos		
Q. demandado	=	571.557 l/s
Q. demandado	=	0.572 m3/s

Interpretación: En la tabla 20, se muestra el caudal demandado de los cultivos de 0.572 m3/s, que fue la suma del caudal máximo de cada cultivo.

4.3.4. Cálculo del caudal de uso para cada parcela a irrigar.

A continuación, se presenta el cálculo del caudal de uso para cada parcela.

Tabla 21: Datos requeridos para calcular el caudal de uso en cada parcela de riego.

Mes	Coeficiente promedio del cultivo (Kc)				Precipitación Efectiva (mm/mes)	Evapotranspiración referencial Eto (mm/día)
	Pasto	Papa	Haba	Cebada	Todos los cultivos	Todos los cultivos
Enero	0.40	0.50	1.19	0.40	47.9	5.56
Febrero	0.52	0.50	1.21	0.52	55.8	5.34
Marzo	0.70	0.58	1.19	0.70	61	5.47
Abril	0.92	0.83	1.21	0.91	39.4	4.51
Mayo	1.00	1.05	1.17	1.00	23	4.23
Junio	1.00	1.22	2.13	1.00	8.4	3.79
Julio	1.00	1.20	0.51	1.00	5.4	4.06
Agosto	1.00	1.20	0.68	1.00	3.9	4.50
Setiembre	0.99	1.16	0.91	1.00	14.6	5.13
Octubre	0.98	1.04	1.14	0.98	33.4	5.40
Noviembre	0.96	0.90	1.19	0.96	45.8	5.54
Diciembre	0.64	0.83	1.21	0.95	54.1	5.37

Interpretación: Como se observa en la tabla 21, se muestran los datos para continuar con el cálculo del caudal de uso, donde se presenta el coeficiente promedio para cada cultivo, precipitación efectiva (mm/mes), evapotranspiración referencial ETo (mm/día).

A continuación, se realiza el procedimiento del cálculo para la parcela 1, ya que para las demás parcelas el proceso es el mismo, teniendo en cuenta los datos a reemplazar presentados en la tabla 21.

- Evapotranspiración referencial Eto (mm/día): Dato calculado en el programa Cropwat 8.0, que para ello fueron necesarios los datos agroclimatológicos de la cuenca (Tumacyacu) en estudio, datos como temperatura máxima y mínima en °c, humedad (%), viento en (m/s), insolación (haras).
- Evapotranspiración referencial Eto (mm/mes): (Evapotranspiración referencial Eto (mm/día)) / el número de días que tiene el mes.
- Coeficiente promedio del cultivo (Kc): dato extraído del programa cropwat 8.0, teniendo en cuenta los coeficientes de cultivo del manual de la FAO.
- Evapotranspiración del cultivo Etc (mm/mes): Evapotranspiración referencial Eto (mm/mes) * Coeficiente promedio del cultivo (Kc).
- Precipitación Efectiva (mm/mes): Dato extraído del programa Cropwat 8.0, que para ello fue necesario la precipitación (mm) de la cuenca (Tumacyacu) en estudio.
- Uso consuntivo (mm/mes): Evapotranspiración del cultivo Etc (mm/mes) - Precipitación Efectiva (mm/mes).
- Requerimiento neto (m3/ha/mes): Uso consuntivo (mm/mes) * 10
- Eficiencia de riego: 0.4 = 40% (porcentaje considerado en canales de riego)
- Requerimiento bruto (m3/ha/mes): Requerimiento neto (m3/ha/mes) / Eficiencia de riego.
- Días del mes: Es el número de días de cada mes
- Requerimiento bruto (m3/ha/días): Requerimiento bruto (m3/ha/mes) / el número de días de cada mes.
- Tiempo (horas): La cantidad de horas en un día (24 horas).
- Módulo de riego (lit/seg/ha): Requerimiento neto (m3/ha/mes) * (1000 / (3600 * Días del mes * 24)).
- Caudal requerido (lit/seg): Módulo de riego (lit/seg/ha) * la cantidad de hectáreas de la parcela a irrigar.
- Caudal requerido (m3/seg): Caudal requerido (lit/seg) / 1000
- Volumen (m3/mes): Caudal requerido (m3/seg) * 3600 * Días del mes * Tiempo (horas).

Tabla 22: Calculo del caudal de uso para la parcela 1.

PARAMETROS	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Área (has)	11.801	11.801	11.801	11.801	11.801	11.801	11.801	11.801	11.801	11.801	11.801	11.801
Eto (mm/dia)	5.66	5.34	5.47	4.51	4.23	3.79	4.06	4.50	5.13	5.40	5.54	5.37
Eto (mm/mes)	175.46	149.52	169.57	135.30	131.13	113.70	125.86	139.50	153.90	167.40	166.20	166.47
Kc medio	0.4	0.52	0.7	0.92	1	1.02	1	1	0.99	0.98	0.96	0.64
Etc (mm/mes)	70.184	77.7504	118.699	124.476	131.13	115.974	125.86	139.5	152.361	164.052	159.552	106.5408
Precipitación efectiva (mm/mes)	47.9	55.8	61.0	39.4	23.0	8.4	5.4	3.9	14.6	33.4	45.8	54.1
Uso consuntivo (mm/mes) (***)	22.28	21.95	57.70	85.08	108.13	107.57	120.46	135.60	137.76	130.65	113.75	52.44
REQ. NETO(m3/ha/mes)	222.84	219.50	576.99	850.76	1081.30	1075.74	1204.60	1356.00	1377.61	1306.52	1137.52	524.41
Efic. de riego	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Req. bruto (m3/ha/mes)	557.10	548.76	1442.48	2126.90	2703.25	2689.35	3011.50	3390.00	3444.03	3266.30	2843.80	1311.02
Dias del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Req. bruto (m3/ha/días)	17.97	19.60	46.53	70.90	87.20	89.65	97.15	109.35	114.80	105.36	94.79	42.29
Tiempo(horas)	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Mr(lit/seg/ha)	0.08	0.09	0.22	0.33	0.40	0.42	0.45	0.51	0.53	0.49	0.44	0.20
Q. requerido(lit/seg)	1.0	1.1	2.5	3.9	4.8	4.9	5.3	6.0	6.3	5.8	5.2	2.3
Qrequerido(m3/seg)	0.00	0.001	0.003	0.004	0.005	0.005	0.005	0.006	0.006	0.006	0.005	0.002
Vol. (m3/mes)	2629.73	2590.37	6809.06	10039.82	12760.42	12694.81	14215.48	16002.16	16257.18	15418.24	13423.87	6188.54

Interpretación: Como se observa en la tabla 22, se muestra el cálculo para la parcela1, donde se obtiene el módulo de riego (Mr) en l/s/ha. El cual este es multiplicado por el área de la parcela1 para obtener el caudal de uso (Q. requerido) en lit/seg.

A continuación, se presenta la tabla de cálculo del caudal de uso para cada parcela de riego realizados con el mismo procedimiento en la parcela 1. Teniendo en cuenta que el riego es por turno para cada usuario y que además los caudales de uso no superaron el caudal de diseño siendo 0.572 m3/s.

Tabla 23: Caudales de uso requeridos para irrigar las parcelas de los usuarios de riego.

En la siguiente tabla se muestran los caudales (l/s) requeridos para irrigar las parcelas. Que se obtuvo al realizar la multiplicación del módulo de riego del cultivo por el área de la parcela.

Parcelas de los Usuarios	Cultivo	Suma del Módulo de riego (m3/s)	Área en (hectáreas)	Caudal de Uso (l/s)
1	Pasto	4.15	11.801	48.93
2	Pasto	4.15	50	207.31
3	Pasto	4.15	100	414.63
4	Pasto	4.15	120	497.55
5	Pasto	4.15	60	248.78
6	Pasto	4.15	90	373.16
7	Pasto	4.15	30	124.39
	Papa	4.60	15	69.07
	Cebada	4.33	2	8.66
8	Pasto	4.15	50	207.31
9	Pasto	4.15	80	331.70
	Papa	4.60	14.963	68.90
	Cebada	4.33	4	17.32
	Haba	6.28	4.813	30.22
10	Pasto	4.15	70	290.24
	Papa	4.60	15	69.07
	Cebada	4.33	3	12.99
	Haba	6.28	10	62.79
11	Pasto	4.15	45	186.58
	Papa	4.60	15	69.07

	Cebada	4.33	5	21.65
	Haba	6.28	8	50.23
12	Pasto	4.15	50	207.31
	Papa	4.60	10	46.05
	Cebada	4.33	4	17.32
	Haba	6.28	5	31.40
13	Pasto	4.15	50	207.31
14	Pasto	4.15	75	310.97
	cebada	4.33	9.813	42.50
15	Pasto	4.15	5	20.73
	Papa	4.60	5	23.02
	Cebada	4.33	2	8.66
	Haba	6.28	2	12.56
16	Pasto	4.15	10	41.46
17	Pasto	4.15	15	62.19
18	Pasto	4.15	10	41.46

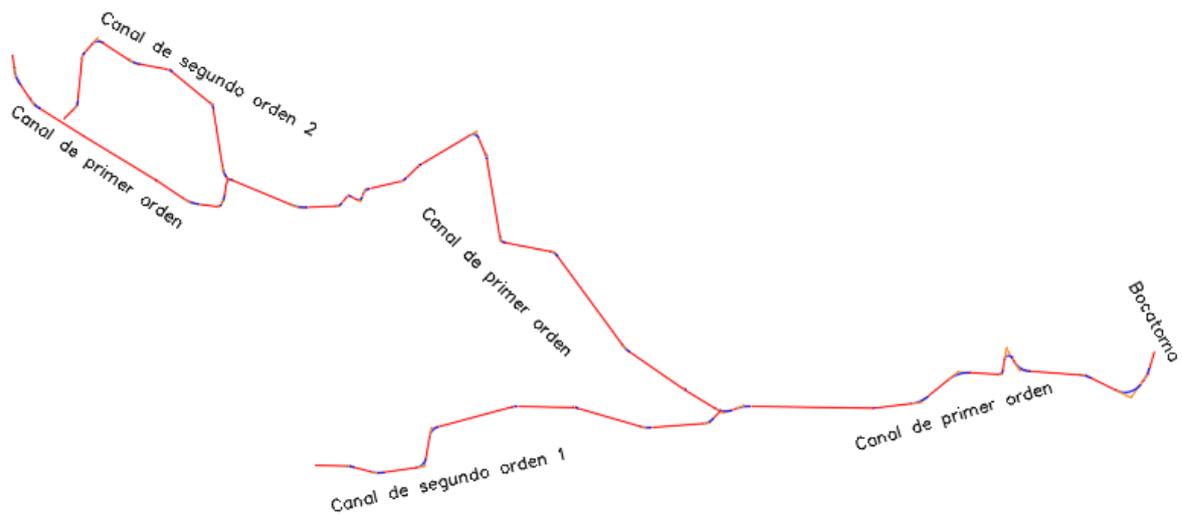
Interpretación: Como se observa en la tabla 23, se muestra los caudales de uso en l/s para cada parcela, con un caudal máximo requerido de 497.55 l/s en la parcela 4 con cultivo de pasto.

4.4. Realizar el diseño geométrico del sistema de riego Tumacyacu.

El sistema de riego estaba compuesto por 1 canal de primer orden y 2 canales de segundo orden, por lo que en algunos tramos obtuvieron secciones trapezoidales y otros tramos de gradas escalonadas (cascadas). En las obras especiales y de arte incluyeron bocatoma, desarenador y tomas laterales respectivamente.

Figura 1: Canal de primer orden y canales de segundo orden 1 y 2.

En el esquema se representó el canal de primer orden entre las progresivas 0+000.000 - 3+765.050, también los canales de segundo orden 1 y 2, con progresivas 0+000.000 - 1+143.200 y 0+000.000 - 0+775.020 respectivamente. La longitud total en los tres canales fue de 5.68327 km.



4.4.1. Diseño geométrico del canal de primer orden.

De acuerdo con (Chanson, 2000) y Ohtsu(2004), para caudales unitarios hasta $6 \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{m}$ son analizados por un flujo saltante y para caudales unitarios mayores a $15 \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{m}$ se analizan por flujo rasante. Teniendo en cuenta lo mencionado, el diseño del canal escalonado fue analizado para un flujo saltante con un caudal unitario de $0.88 \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{m}$.

A continuación, para el tramo 1; se inició el diseño geométrico del canal de primer orden con una sección escalonada.

Proyecto: “Diseño del sistema de riego Tumacyacu, anexo de Miraflores, distrito de Chillia, Pataz, La Libertad - 2021”

Tramo 1 (Sección escalonada): (0+000.000 - 0+060.000)

Tabla 24: Tramo 1 del canal de primer orden de sección escalonada ubicado entre las progresivas 0+000.000 - 0+060.000.

Diseño del canal mediante el régimen de flujo escalón por escalón				
N°	PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Datos				
1	Caudal de Entrada	Q	m ³ /s	0.572
2	Desnivel en el tramo del canal	Δ	m	0.930
3	Pendiente Natural del Terreno	i Ó h/l	m/m	0.0155
4	Ancho del Canal	B	m	0.65
Resultados				
1	Ángulo de inclinación del terreno	α	°	0.89
2	Caudal Unitario	qu	m ³ /s·m	0.88
3	Calado Crítico	yc	m	0.43
5	Relación yc/h (Chanson,2002)	yc/h		0.884
6	Relación yc/h (Asumida)	yc/h		0.884
7	Altura de grada calculada	h	m	0.49
8	Altura de grada óptima (Matos,2000)	h _{ópt}	m	0.13
9	Altura de grada (Optado)	h _{asum}	m	0.55
10	Longitud de la huella (calculada)	l	m	35.48
11	Longitud de la huella (Optado)	l _{asum}	m	35.48
12	Pendiente del fondo del canal escalonado	h/l		0.02
13	Ángulo de inclinación del perfil escalonado	α	°	0.89

14	Número de contrahuellas (Calculadas)	N° Ch		2.00
15	Número de huellas (Calculadas)	N° hu		1
16	Longitud Horizontal al Final del Canal	Ld	m	35.48
17	Longitud Real al Final del Canal	Lr	m	35.50
18	Chequeo del Flujo saltante (Chanson,2002)	$yc/h < 0.89 - 0.4 \cdot h/l$		Ok, flujo saltante
19	Calado en la orilla del escalón	y _b	m	0.31
20	Longitud de caída	L _c	m	0.08
21	Profundidad del flujo en el escalón	y _p	m	0.04
23	Energía al inicio del Disipador	E ₁	m	1.57
24	Energía al final del Disipador	E ₂	m	1.07
25	Porcentaje de Energía Disipada	%ΔE	%	31.84%
26	Altura de pared (en funcion a yc y yp)	h _p	m	0.90

Interpretación: En la tabla 24, se observa que la sección del canal es de 0.65 m de ancho y con una pendiente del terreno de 0.0150 m/m; del cual en la gradería se obtiene 2 contrahuellas de 0.55 m de altura y huellas de 35.48 m de largo, con un y_c de 0.43 m, y_p de 0.04 m, h_p de 0.90 m y que logra disipar una energía de 31.84 %.

Para el siguiente tramo 2, se realizó el procedimiento de cálculo para secciones escalonadas empleando el método de flujo saltante.

Tramo 2 (Sección escalonada): (0+060.000 - 0+240.000)

Datos:

Caudal (Q)	: 0.572 m ³ /s
Diferencia de cotas (Δ)	: 7.227 m
Pendiente del Terreno (i ó h/l)	: 0.0402 m/m
Ángulo de Inclinación del Terreno (α)	: 2.30°
Ancho del canal (B)	: 0.65 m

Cálculos:

Diseño del canal escalonado por régimen de flujo saltante:

- Caudal unitario: está en relación entre el caudal de diseño y la base del canal

$$q_u = \frac{Q}{B} = 0.88 \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{m}$$

- Calado crítico

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{q_u^2}{g}} = 0.43 \text{ m}$$

- Ley de distribución de velocidades (factores)

N_{Coriolis} = 3.5 Ley de Distribución de Velocidad. Rangos de $3.5 \leq N \leq 4$
(experimentos realizados por Frizell y Tozzy) $\alpha_{\text{Coriolis}} = 1.14$ (Chanson, 2000)

- Relación de y_c/h para régimen de flujo escalón por escalón

Según Ohtsu & Yasuda:

$$\frac{y_c}{h} = \frac{(1.43 - \frac{h}{l})^{0.26}}{1.4}; \text{ si } 0.1 \leq \frac{h}{l} \leq 1.43$$

Según Chanson, 2002:

$$\frac{y_c}{h} = 0.89 - 0.4 \frac{h}{l}$$

$$Y_c/h = 0.874; \quad Y_c/h(\text{asumido}) = 0.874$$

Para el cálculo de y_c/h es recomendable usar el valor de Chanson

- Dimensionamiento del escalón: para ello se asumió h/l igual a la pendiente del terreno.

Altura del escalón

$$h = \frac{yc}{yc/h} = 0.49 \text{ m}$$

según (matos, 2000):

$$h_{\text{ópt}} = 0.3 * yc = 0.13 \text{ m}; \quad h_{\text{asum}} = 0.55 \text{ m}$$

Longitud del escalón

$$l = h/(h/l) = 13.68 \text{ m}; \quad l_{\text{asum}} = 13.7 \text{ m}$$

Ángulo del escalón

$$h/l = 0.04; \quad \theta = 2.3^\circ$$

- Perfil escalonado del diseño

$$\Delta = 7.227 \text{ m}$$

$$(i \text{ ó } h/l) = 0.0402 \text{ m/m}$$

$$\text{Número de contrahuellas} = \Delta/h_{\text{asum}} = 14$$

$$\text{Número de huellas} = \text{contrahuellas} - 1 = 13$$

$$\text{Altura de huellas (Hd)} = \text{número de contrahuellas} * h_{\text{asum}}$$

$$Hd = 7.70 \text{ m}$$

$$\text{Longitud de contrahuellas (ld)} = \text{número de huellas} * l_{\text{asum}}$$

$$ld = 178.7 \text{ m}$$

Longitud real al final del canal:

$$(Lr) = Lr = \sqrt{(Hd)^2 + (ld)^2} = 178.25 \text{ m}$$

- Chequeo del flujo saltante (escalón por escalón):

Está en relación a la altura y longitud del escalón considerado (h_{asum} y l_{asum}).

Según (Chanson, 2000):

$$\frac{yc}{h} < 0.89 - 0.4 \frac{h}{l}$$

$$(0.43/0.55) < (0.89 - 0.4 * 0.55/13.7) \quad \text{OK: flujo saltante}$$

- Calado en la orilla del escalón

Según (Chanson, 2002)

$$Yb = 0.715 * yc; \quad yb = 0.31 \text{ m}$$

- Longitud de la caída (Lc)

$$Lc = 4.3h\left(\frac{h}{l}\right)^{0.81} \quad (\text{Chanson,2002})$$

$$Lc = 0.17 \text{ m}$$

- Profundidad del flujo en el escalón: (Chanson, 2002)

$$Yp = h\left(\frac{h}{l}\right)^{0.66} = 0.07$$

- Calado conjugado menor: (Chanson, 2002)

$$y_{cm} = 0.54h\left(\frac{h}{l}\right)^{1.275} = 0$$

- Energía al inicio del disipador

$$E1 = \frac{2}{3} * y_c + \Delta = 7.87 \text{ m}$$

- Energía disipada

$$\Delta E = \Delta - y_c = 6.797 \text{ m}$$

- Energía al pie del disipador

$$E2 = E1 - \Delta E = 1.07 \text{ m}$$

$$\% \Delta E = (\Delta E / E1) * 100 = 86.37\%$$

- Altura de pared (hp): valor asumido teniendo en cuenta los parámetros y_c y y_p

$$(hp) = 0.9 \text{ m}$$

Luego del procedimiento de cálculo para secciones escalonadas ya realizado, se presentan los resultados en tablas para cada tramo de las secciones escalonadas como se muestra a continuación.

Tabla 25: Tramo 2 del canal de primer orden de sección escalonada ubicado entre las progresivas 0+060.000 - 0+240.000.

Diseño del canal mediante el régimen de flujo escalón por escalón				
N°	PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Datos				
1	Caudal de Entrada	Q	m ³ /s	0.572
2	Desnivel en el tramo del canal	Δ	m	7.227
3	Pendiente Natural del Terreno	i Ó h/l	m/m	0.0402
4	Ancho del Canal	B	m	0.65
Resultados				

1	Ángulo de inclinación del terreno	α	$^{\circ}$	2.30
2	Caudal Unitario	qu	$m^3/s \cdot m$	0.88
3	Calado Crítico	yc	m	0.43
5	Relación yc/h (Chanson,2002)	yc/h		0.874
6	Relación yc/h (Asumida)	yc/h		0.874
7	Altura de grada calculada	h	m	0.49
8	Altura de grada óptima (Matos,2000)	h _{ópt}	m	0.13
9	Altura de grada (Optado)	hasum	m	0.55
10	Longitud de la huella (calculada)	l	m	13.682
11	Longitud de la huella (Optado)	lasum	m	13.700
12	Pendiente del fondo del canal escalonado	h/l		0.04
13	Ángulo de inclinación del perfil escalonado	α	$^{\circ}$	2.30
14	Número de contrahuellas (Calculadas)	N° Ch		14.00
15	Número de huellas (Calculadas)	N° hu		13
16	Longitud Horizontal al Final del Canal	Ld	m	178.10
17	Longitud Real al Final del Canal	Lr	m	178.25
18	Chequeo del Flujo saltante (Chanson,2002)	$yc/h < 0.89 - 0.4 \cdot h/l$		Ok, flujo saltante
19	Calado en la orilla del escalón	y _b	m	0.31
20	Longitud de caída	L _c	m	0.17
21	Profundidad del flujo en el escalón	y _p	m	0.07
23	Energía al inicio del Disipador	E ₁	m	7.87
24	Energía al final del Disipador	E ₂	m	1.07
25	Porcentaje de Energía Disipada	% ΔE	%	86.37%
26	Altura de pared (en funcion a yc y yp)	h _p	m	0.90

Interpretación: En la tabla 25, se observa que la sección del canal es de 0.65 m de ancho y con una pendiente del terreno de 0.0402 m/m; del cual en la gradería se obtiene 14 contrahuellas de 0.55 m de altura y huellas de 13.7 m de largo, con un yc de 0.43 m, yp de 0.07 m, hp de 0.90 m y que logra disipar una energía de 86.37 %.

Como ya se mencionó para los siguientes tramos solamente se presentó el resumen de cálculos en tablas, ya que el procedimiento es el mismo realizado anteriormente para secciones escalonadas.

Tabla 26: Tramo 3 del canal de primer orden de sección escalonada ubicado entre las progresivas 0+240.000 - 1+0077.800.

Diseño del canal mediante el régimen de flujo escalón por escalón				
N°	PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Datos				
1	Caudal de Entrada	Q	m ³ /s	0.572
2	Desnivel en el tramo del canal	Δ	m	106.773
3	Pendiente Natural del Terreno	i Ó h/l	m/m	0.1274
4	Ancho del Canal	B	m	0.65
Resultados				
1	Ángulo de inclinación del terreno	α	°	7.26
2	Caudal Unitario	qu	m ³ /s·m	0.88
3	Calado Crítico	yc	m	0.43
5	Relación yc/h (Chanson,2002)	yc/h		0.839
6	Relación yc/h (Asumida)	yc/h		0.839
7	Altura de grada calculada	h	m	0.51
8	Altura de grada óptima (Matos,2000)	hópt	m	0.13
9	Altura de grada (Optado)	hasum	m	0.55
10	Longitud de la huella (calculada)	l	m	4.317
11	Longitud de la huella (Optado)	lasum	m	4.317
12	Pendiente del fondo del canal escalonado	h/l		0.13
13	Ángulo de inclinación del perfil escalonado	α	°	7.26
14	Número de contrahuellas (Calculadas)	N° Ch		194
15	Número de huellas (Calculadas)	N° hu		193
16	Longitud Horizontal al Final del Canal	Ld	m	834.07
17	Longitud Real al Final del Canal	Lr	m	840.87

18	Chequeo del Flujo saltante (Chanson,2002)	$yc/h < 0.89 - 0.4 \cdot h/l$		Ok, flujo saltante
19	Calado en la orilla del escalón	yb	m	0.31
20	Longitud de caída	Lc	m	0.45
21	Profundidad del flujo en el escalón	yp	m	0.14
23	Energía al inicio del Disipador	E_1	m	107.42
24	Energía al final del Disipador	E_2	m	1.07
25	Porcentaje de Energía Disipada	$\% \Delta E$	%	99.00%
26	Altura de pared (en funcion a yc y yp)	hp	m	0.90

Interpretación: En la tabla 26, se observa que la sección del canal es de 0.65 m de ancho y con una pendiente del terreno de 0.1274 m/m; del cual en la gradería se obtienen 194 contrahuellas de 0.55 m de altura y hullas de 4.317 m de largo, con un yc de 0.43 m, yp de 0.14 m, hp de 0.90 m y que alcanza disipar una energía de 99.00 %.

Tabla 27: Tramo 4 del canal de primer orden de sección escalonada ubicado entre las progresivas 1+077.800 - 3+373.23.

Diseño del canal mediante el régimen de flujo escalón por escalón				
N°	PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Datos				
1	Caudal de Entrada	Q	m ³ /s	0.572
2	Desnivel en el tramo del canal	Δ	m	248.57
3	Pendiente Natural del Terreno	i Ó h/l	m/m	0.1083
4	Ancho del Canal	B	m	0.65
Resultados				
1	Ángulo de inclinación del terreno	α	°	6.18
2	Caudal Unitario	qu	m ³ /s·m	0.88
3	Calado Crítico	yc	m	0.43
5	Relación yc/h (Chanson,2002)	yc/h		0.847
6	Relación yc/h (Asumida)	yc/h		0.847
7	Altura de grada calculada	h	m	0.51

8	Altura de grada óptima (Matos,2000)	h _{ópt}	m	0.13
9	Altura de grada (Optado)	h _{asum}	m	0.55
10	Longitud de la huella (calculada)	l	m	5.08
11	Longitud de la huella (Optado)	l _{asum}	m	5.08
12	Pendiente del fondo del canal escalonado	h/l		0.11
13	Ángulo de inclinación del perfil escalonado	α	°	6.18
14	Número de contrahuellas (Calculadas)	N° Ch		452.00
15	Número de huellas (Calculadas)	N° hu		451
16	Longitud Horizontal al Final del Canal	L _d	m	2290.40
17	Longitud Real al Final del Canal	L _r	m	2303.85
18	Chequeo del Flujo saltante (Chanson,2002)	$y_c/h < 0.89 - 0.4 \cdot h/l$		Ok, flujo saltante
19	Calado en la orilla del escalón	y _b	m	0.31
20	Longitud de caída	L _c	m	0.39
21	Profundidad del flujo en el escalón	y _p	m	0.13
23	Energía al inicio del Disipador	E ₁	m	249.21
24	Energía al final del Disipador	E ₂	m	1.07
25	Porcentaje de Energía Disipada	%ΔE	%	99.57%
26	Altura de pared (en funcion a y _c y y _p)	h _p	m	0.90

Interpretación: En la tabla 24, se muestra que la sección del canal es de 0.65 m de ancho y con una pendiente del terreno de 0.1083 m/m; del cual en la gradería se obtienen 452 contrahuellas de 0.55 m de altura y huellas de 5.08 m de largo, con un y_c de 0.43 m, y_p de 0.13 m, h_p de 0.90 m y que alcanza disipar una energía de 99.57 %.

Tabla 28: Tramo 5 del canal de primer orden de sección escalonada ubicado entre las progresivas 3+373.230 - 3+765.050.

Diseño del canal mediante el régimen de flujo escalón por escalón				
N°	PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Datos				
1	Caudal de Entrada	Q	m ³ /s	0.572
2	Desnivel en el tramo del canal	Δ	m	49.635
3	Pendiente Natural del Terreno	i ó h/l	m/m	0.1267
4	Ancho del Canal	B	m	0.65
Resultados				
1	Ángulo de inclinación del terreno	α	°	7.22
2	Caudal Unitario	qu	m ³ /s·m	0.88
3	Calado Crítico	yc	m	0.43
5	Relación yc/h (Chanson,2002)	yc/h		0.839
6	Relación yc/h (Asumida)	yc/h		0.839
7	Altura de grada calculada	h	m	0.51
8	Altura de grada óptima (Matos,2000)	hópt	m	0.13
9	Altura de grada (Optado)	hasum	m	0.55
10	Longitud de la huella (calculada)	l	m	4.341
11	Longitud de la huella (Optado)	lasum	m	4.341
12	Pendiente del fondo del canal escalonado	h/l		0.13
13	Ángulo de inclinación del perfil escalonado	α	°	7.22
14	Número de contrahuellas (Calculadas)	N° Ch		91.00
15	Número de huellas (Calculadas)	N° hu		90
16	Longitud Horizontal al Final del Canal	Ld	m	390.69
17	Longitud Real al Final del Canal	Lr	m	393.83
18	Chequeo del Flujo saltante (Chanson,2002)	yc/h < 0.89 - 0.4·h/l		Ok, flujo saltante
19	Calado en la orilla del escalón	y _b	m	0.31
20	Longitud de caída	L _c	m	0.44
21	Profundidad del flujo en el escalón	y _p	m	0.14
23	Energía al inicio del Disipador	E ₁	m	50.28
24	Energía al final del Disipador	E ₂	m	1.07

25	Porcentaje de Energía Disipada	$\% \Delta E$	%	97.87%
26	Altura de pared (en función a y_c y y_p)	hp	m	0.90

Interpretación: En la tabla 28, se muestra que la sección del canal es de 0.65 m de ancho y con una pendiente del terreno de 0.1267 m/m; del cual mediante el cálculo en la gradería se obtienen un total de 91 contrahuellas de 0.55 m de altura y huellas de 4.341 m de largo, con un y_c de 0.43 m, y_p de 0.14 m, hp de 0.90 m y que se logra disipar energía hasta 97.87 %.

4.4.2. Diseño geométrico de canales de segundo orden

El canal de segundo orden 1, fue compuesto por una sección escalonada a lo largo de toda su longitud de 1143.20 m y el canal de segundo orden 2, optó por secciones trapezoidal y escalonada en toda su longitud de 775.02 metros.

4.4.2.1. Diseño geométrico del canal de segundo orden 1

Para el diseño se considera el mismo procedimiento ya mencionado anteriormente en el canal de primer orden del tramo 1. Para ello presentamos los resultados del canal de segundo orden 1, mediante tablas las cuales se muestran a continuación.

Tabla 29: Tramo 1 del canal de segundo orden de sección escalonada ubicado entre las progresivas 0+000.000 - 0+077.060.

Diseño del canal mediante el régimen de flujo escalón por escalón				
N°	PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Datos				
1	Caudal de Entrada	Q	m ³ /s	0.572
2	Desnivel en el tramo del canal	Δ	m	3.305
3	Pendiente Natural del Terreno	i ó h/l	m/m	0.0429
4	Ancho del Canal	B	m	0.65
Resultados				
1	Ángulo de inclinación del terreno	α	°	2.46

2	Caudal Unitario	qu	m ³ /s·m	0.88
3	Calado Crítico	yc	m	0.43
5	Relación yc/h (Chanson,2002)	yc/h		0.873
6	Relación yc/h (Asumida)	yc/h		0.873
7	Altura de grada calculada	h	m	0.49
8	Altura de grada óptima (Matos,2000)	h _{ópt}	m	0.13
9	Altura de grada (Optado)	hasum	m	0.55
10	Longitud de la huella (calculada)	l	m	12.82
11	Longitud de la huella (Optado)	lasum	m	12.82
12	Pendiente del fondo del canal escalonado	h/l		0.04
13	Ángulo de inclinación del perfil escalonado	α	°	2.46
14	Número de contrahuellas (Calculadas)	N° Ch		7.00
15	Número de huellas (Calculadas)	N° hu		6
16	Longitud Horizontal al Final del Canal	Ld	m	76.92
17	Longitud Real al Final del Canal	Lr	m	76.99
18	Chequeo del Flujo saltante (Chanson,2002)	yc/h < 0.89 - 0.4·h/l		Ok, flujo saltante
19	Calado en la orilla del escalón	y _b	m	0.31
20	Longitud de caída	L _c	m	0.18
21	Profundidad del flujo en el escalón	y _p	m	0.07
23	Energía al inicio del Disipador	E ₁	m	3.95
24	Energía al final del Disipador	E ₂	m	1.07
25	Porcentaje de Energía Disipada	%ΔE	%	72.84%
26	Altura de pared (en funcion a yc y yp)	h _p	m	0.90

Interpretación: En la tabla 29, se muestra una pendiente del terreno de 0.1267 m/m; del cual mediante el cálculo en la gradería se obtienen 7 contrahuellas de 0.55 m de altura y huellas de 12.82 m de largo, con un yc de 0.43 m, yp de 0.07 m, hp de 0.90 m y que se logra disipar energía hasta 72.84 %.

Tabla 30: Tramo 2 del canal de segundo orden de sección escalonada ubicado entre las progresivas 0+077.060 - 0+356.870.

Diseño del canal mediante el régimen de flujo escalón por escalón				
N°	PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Datos				
1	Caudal de Entrada	Q	m ³ /s	0.572
2	Desnivel en el tramo del canal	Δ	m	40
3	Pendiente Natural del Terreno	i ó h/l	m/m	0.143
4	Ancho del Canal	B	m	0.65
Resultados				
1	Ángulo de inclinación del terreno	α	°	8.14
2	Caudal Unitario	qu	m ³ /s·m	0.88
3	Calado Crítico	yc	m	0.43
5	Relación yc/h (Chanson,2002)	yc/h		0.833
6	Relación yc/h (Asumida)	yc/h		0.833
7	Altura de grada calculada	h	m	0.52
8	Altura de grada óptima (Matos,2000)	h _{ópt}	m	0.13
9	Altura de grada (Optado)	hasum	m	0.55
10	Longitud de la huella (calculada)	l	m	3.85
11	Longitud de la huella (Optado)	lasum	m	3.85
12	Pendiente del fondo del canal escalonado	h/l		0.14
13	Ángulo de inclinación del perfil escalonado	α	°	8.14
14	Número de contrahuellas (Calculadas)	N° Ch		73.00
15	Número de huellas (Calculadas)	N° hu		72
16	Longitud Horizontal al Final del Canal	Ld	m	276.92
17	Longitud Real al Final del Canal	Lr	m	279.80
18	Chequeo del Flujo saltante (Chanson,2002)	$yc/h < 0.89 - 0.4 \cdot h/l$		Ok, flujo saltante
19	Calado en la orilla del escalón	y _b	m	0.31
20	Longitud de caída	L _c	m	0.49
21	Profundidad del flujo en el escalón	y _p	m	0.15
23	Energía al inicio del Disipador	E ₁	m	40.64
24	Energía al final del Disipador	E ₂	m	1.07

25	Porcentaje de Energía Disipada	$\% \Delta E$	%	97.36%
26	Altura de pared (en función a y_c y y_p)	h_p	m	0.90

Interpretación: En los valores numéricos de la tabla 30, se aprecia una pendiente del terreno de 0.1083 m/m; del cual en la gradería se calculan 73 contrahuellas de 0.55 m de altura y 3.85 m de largo de huella, con un y_c de 0.43 m, y_p de 0.15 m, h_p de 0.90 m y disipa una energía de 97.36 %.

Tabla 31: Tramo 3 del canal de segundo orden de sección escalonada ubicado entre las progresivas 0+356.870 - 0+896.870.

Diseño del canal mediante el régimen de flujo escalón por escalón				
N°	PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Datos				
1	Caudal de Entrada	Q	m ³ /s	0.572
2	Desnivel en el tramo del canal	Δ	m	60
3	Pendiente Natural del Terreno	i ó h/l	m/m	0.1111
4	Ancho del Canal	B	m	0.65
Resultados				
1	Ángulo de inclinación del terreno	α	°	6.34
2	Caudal Unitario	q_u	m ³ /s·m	0.88
3	Calado Crítico	y_c	m	0.43
5	Relación y_c/h (Chanson,2002)	y_c/h		0.846
6	Relación y_c/h (Asumida)	y_c/h		0.846
7	Altura de grada calculada	h	m	0.51
8	Altura de grada óptima (Matos,2000)	$h_{ópt}$	m	0.13
9	Altura de grada (Optado)	h_{asum}	m	0.55
10	Longitud de la huella (calculada)	l	m	4.95
11	Longitud de la huella (Optado)	l_{asum}	m	4.95
12	Pendiente del fondo del canal escalonado	h/l		0.11
13	Ángulo de inclinación del perfil escalonado	α	°	6.34
14	Número de contrahuellas (Calculadas)	N° Ch		110.00
15	Número de huellas (Calculadas)	N° hu		109

16	Longitud Horizontal al Final del Canal	Ld	m	539.55
17	Longitud Real al Final del Canal	Lr	m	542.88
18	Chequeo del Flujo saltante (Chanson,2002)	$yc/h < 0.89 - 0.4 \cdot h/l$		Ok, flujo saltante
19	Calado en la orilla del escalón	yb	m	0.31
20	Longitud de caída	Lc	m	0.40
21	Profundidad del flujo en el escalón	yp	m	0.13
23	Energía al inicio del Disipador	E ₁	m	60.64
24	Energía al final del Disipador	E ₂	m	1.07
25	Porcentaje de Energía Disipada	%ΔE	%	98.23%
26	Altura de pared (en funcion a yc y yp)	hp	m	0.90

Interpretación: En los valores de la tabla 31, se aprecia una pendiente del terreno de 0.1111 m/m; del cual en la gradería se calculan 110 contrahuellas de 0.55 m de altura y huellas de 4.95 m de largo, con un yc de 0.43 m, yp de 0.13 m, hp de 0.90 m y que logra disipar una energía de 98.23 %.

Tabla 32: Tramo 4 del canal de segundo orden de sección escalonada ubicado entre las progresivas 0+896.870 - 1+143.200.

Diseño del canal mediante el régimen de flujo escalón por escalón				
N°	PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Datos				
1	Caudal de Entrada	Q	m ³ /s	0.572
2	Desnivel en el tramo del canal	Δ	m	24.322
3	Pendiente Natural del Terreno	i Ó h/l	m/m	0.0987
4	Ancho del Canal	B	m	0.65
Resultados				
1	Ángulo de inclinación del terreno	α	°	5.64
2	Caudal Unitario	qu	m ³ /s·m	0.88
3	Calado Crítico	yc	m	0.43
5	Relación yc/h (Chanson,2002)	yc/h		0.851
6	Relación yc/h (Asumida)	yc/h		0.851

7	Altura de grada calculada	h	m	0.50
8	Altura de grada óptima (Matos,2000)	h _{ópt}	m	0.13
9	Altura de grada (Optado)	hasum	m	0.55
10	Longitud de la huella (calculada)	l	m	5.57
11	Longitud de la huella (Optado)	lasum	m	5.57
12	Pendiente del fondo del canal escalonado	h/l		0.10
13	Ángulo de inclinación del perfil escalonado	α	°	5.64
14	Número de contrahuellas (Calculadas)	N° Ch		45.00
15	Número de huellas (Calculadas)	N° hu		44
16	Longitud Horizontal al Final del Canal	Ld	m	245.09
17	Longitud Real al Final del Canal	Lr	m	246.30
18	Chequeo del Flujo saltante (Chanson,2002)	$yc/h < 0.89 - 0.4 \cdot h/l$		Ok, flujo saltante
19	Calado en la orilla del escalón	y _b	m	0.31
20	Longitud de caída	L _c	m	0.36
21	Profundidad del flujo en el escalón	y _p	m	0.12
23	Energía al inicio del Disipador	E ₁	m	24.97
24	Energía al final del Disipador	E ₂	m	1.07
25	Porcentaje de Energía Disipada	%ΔE	%	95.70%
26	Altura de pared (en funcion a y _c y y _p)	h _p	m	0.90

Interpretación: En secuencia de valores en la tabla 32, se aprecia una pendiente del terreno de 0.0987 m/m; del cual en la gradería se calculan 45 contrahuellas de 0.55 m de altura y con huellas de 5.57 m de largo, con un y_c de 0.43 m, y_p de 0.12 m, h_p de 0.90 m y que logra disipar una energía de 95.70 %.

4.4.2.2. Diseño geométrico del canal de segundo orden 2

De acuerdo con el manual de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), los límites de velocidades establecidos fueron de 0.8 m/s hasta 3 m/s; teniendo en cuenta el límite de velocidades las pendientes se encuentran en un rango de 1‰ hasta 19‰ para no sobrepasar el límite de velocidades, así mismo el radio mínimo fue de 10 m para caudales menores 1 m³/s.

para determinar los parámetros de la sección trapezoidal se empleó el programa Hcanales y para la sección escalonada que se muestra en la tabla 29, se empleó el método de flujo saltante con el procedimiento de cálculo ya mencionado anteriormente.

Tramo 1 (Sección trapezoidal): (0+000.000 - 0+674.960)

Datos:

Revestimiento	: Concreto
Caudal (Q)	: 0.572 m ³ /s
Ancho de solera (b)	: 0.50 m
Talud (Z)	: 0.5
Rugosidad (n)	: 0.014
Pendiente (S)	: 0.0176 m/m

Resultados de los cálculos:

Tirante normal (y)	: 0.3040 m	Perímetro (P)	: 1.1799 m
Área hidráulica (A)	: 1982 m ²	Radio hidráulico (R)	: 0.1680 m
Espejo de agua (T)	: 0.8040 m	Velocidad (v)	: 2.8854 m/s
Numero de Froude (F)	: 1.8553	Tipo de flujo	: Supercrítico
Energía específica (E)	: 0.7284 m-kg/kg		

Diseño geométrico de transición de ingreso hacia la sección escalonada:
 Para calcular la longitud de la transición se necesitó los espejos de agua de las secciones el cual van a ser conectadas.

T1: 0.8040 m y T2: 0.65 m

L: $(T1 - T2)/(2 \tan 12^\circ 30')$: 0.35 m ; L optado: 1 m

Se opto por una longitud de transición de 1 m.

Tabla 33: Tramo 2 del canal de segundo orden de sección escalonada ubicado entre las progresivas 0+674.960 - 0+775.020.

Diseño del canal mediante el régimen de flujo escalón por escalón				
N°	PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Datos				
1	Caudal de Entrada	Q	m ³ /s	0.572
2	Desnivel en el tramo del canal	Δ	m	10.044
3	Pendiente Natural del Terreno	i ó h/l	m/m	0.1004
4	Ancho del Canal	B	m	0.65
Resultados				
1	Ángulo de inclinación del terreno	α	°	5.73
2	Caudal Unitario	qu	m ³ /s·m	0.88
3	Calado Crítico	yc	m	0.43
5	Relación yc/h (Chanson,2002)	yc/h		0.850
6	Relación yc/h (Asumida)	yc/h		0.850
7	Altura de grada calculada	h	m	0.50
8	Altura de grada óptima (Matos,2000)	hópt	m	0.13
9	Altura de grada (Optado)	hasum	m	0.55
10	Longitud de la huella (calculada)	l	m	5.48
11	Longitud de la huella (Optado)	lasum	m	5.48
12	Pendiente del fondo del canal escalonado	h/l		0.10
13	Ángulo de inclinación del perfil escalonado	α	°	5.73
14	Número de contrahuellas (Calculadas)	N° Ch		19.00

15	Número de huellas (Calculadas)	N° hu		18
16	Longitud Horizontal al Final del Canal	Ld	m	98.63
17	Longitud Real al Final del Canal	Lr	m	99.14
18	Chequeo del Flujo saltante (Chanson,2002)	$yc/h < 0.89 - 0.4 \cdot h/l$		Ok, flujo saltante
19	Calado en la orilla del escalón	yb	m	0.31
20	Longitud de caída	Lc	m	0.37
21	Profundidad del flujo en el escalón	yp	m	0.12
23	Energía al inicio del Disipador	E_1	m	10.69
24	Energía al final del Disipador	E_2	m	1.07
25	Porcentaje de Energía Disipada	$\% \Delta E$	%	89.97%
26	Altura de pared (en funcion a yc y yp)	hp	m	0.90

Interpretación: En la tabla 33, se observa que la sección del canal es de 0.65 m de ancho y con una pendiente del terreno de 0.1004 m/m; del cual en la gradería se obtienen 19 contrahuellas de 0.55 m de altura y huellas de 5.48 m de largo, con un yc de 0.43 m, yp de 0.12 m, hp de 0.90 m y que logra disipar una energía de 89.97 %.

4.4.3. Diseño geométrico de obras especiales y de arte.

Para el diseño de las obras complementarias se calcularon los caudales, caudal máximo de avenida (Q_{max}) de 1.673 m³/s y un caudal demandado de cultivos (Q_{dem}) de 0.572 m³/s.

4.4.3.1. Diseño de captación (bocatoma – toma)

La bocatoma se ubicó en el km 0+000.000 del canal de primer orden

4.4.3.1.1. Diseño de rejilla de ingreso.

Tabla 34: Datos que se emplearon en el diseño de la rejilla de ingreso. Para el diseño de la rejilla de ingreso a la bocatoma, se realizó con el caudal demandado de los cultivos de 0.572 m³/s y una carga de agua sobre el vertedero de 0.75 m.

Datos a considerar para el diseño			
Descripción	Simbología	cantidad	Unidad
Caudal a captar	Q_{dem}	0.572	m ³ /s
Considerando una Carga de agua sobre el vertedero	H	0.75	m
Altura del del fondo del cauce al umbral	Y1	2.2	m
Altura del fondo del desripiador al umbral	Y2	1.5	m

Tabla 35: Parámetros que controlan el diseño de la bocatoma.

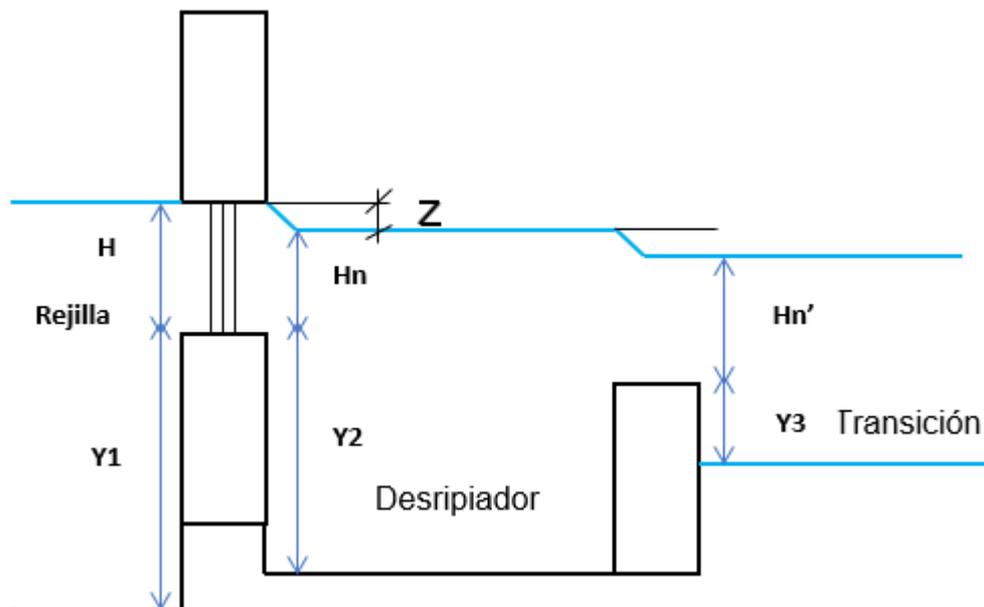
Los siguientes parámetros presentados dieron límites que se deben cumplir en el diseño de la bocatoma.

Parámetros derivados de ANA	
Coeficiente de pérdida	$K = 0.85$
Velocidad del agua al pasar por la rejilla	$V_c = 1 \text{ m/s}$
Pérdida de agua	$Z = 0.10 \text{ m}$
Separación entre barrotes	$S(\text{separación}) = 0.20 \text{ m}$
Ancho de barrotes	$t = 0.10 \text{ m}$

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2010

Figura 2: Bocatoma y sus parámetros para el diseño

El gráfico mostró las dimensiones de las partes de un tipo de bocatoma convencional, la cual el modelo fue considerado en el diseño del proyecto.



A continuación, se realizó el procedimiento de cálculo par el diseño de rejilla de la bocatoma:

- Coeficientes de sumersión

Según Canovalov

$$M_o = \left[0,407 + \frac{0,045 H}{H+Y_1} \right] \left[1 + 0,285 \left(\frac{H}{H+Y_1} \right)^2 \right] \sqrt{2g}$$

$$M_o = 1.888$$

Según Bazin

$$M_o = \left[1.794 + \frac{0.0133}{H} \right] \left[1 + 0.55 \left(\frac{H}{H+Y_1} \right)^2 \right]$$

$$M_o = 1.876$$

- Corrección por sumersión:

$$H_n = H - z$$

$$0.65 = 0.65 \text{ cumple}$$

- Coeficiente de corrección por sumersión

Según Bazin

$$S = \left[1 + 0.2 \left(\frac{H_n}{y_2} \right) \right] \sqrt[3]{\frac{z}{H}}$$

$$S = 0.583$$

Según Villemonte

$$S = \left[1 - \left(\frac{H_n^{3/2}}{H} \right) \right]^{0.385}$$

$$S = 0.581$$

- Comprobación si el vertedero está sumergido

$$Y_1 + H_n > P_2$$

$$3.7 > 1.5 \text{ cumple}$$

$$Z/y_2 < 0.7$$

$$0.067 < 0.7 \text{ Cumple}$$

- Ancho libre para la rejilla

$$b = \frac{Q}{K_s M_o H^{3/2}}$$

$$b = 0.974 \text{ m}$$

$$b(\text{optado}) = 1 \text{ m}$$

- Número de espacios entre barrotes y número de barrotes

$$n = b/S(\text{separación}) = 5$$

$$\text{barrotes} = n - 1 = 4 \text{ barrotes}$$

- Ancho de la rejilla

$$B = b + (\# \text{ barrotes}(t)) = 1.4 \text{ m}$$

- Chequeo del caudal de entrada en la rejilla

$$Q = K_s M_o b H^{3/2}$$

$$Q = 0.60 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Para un diseño conservador

$$b' = b + \% \text{ obturación} \quad b' = 1 + 20\% (1) = 1.2 \text{ m}$$

$$n = b'/S(\text{separación})$$

$$n = 6$$

$$\text{barrotes} = n - 1 = 5$$

- Ancho total de la rejilla
 $B' = b + (\# \text{ barrotes}(t)) = 1.7 \text{ m}$

- Chequeo del caudal de entrada en la rejilla

$$Q = K_s M_o b H^{3/2} \quad Q = 0.70 \text{ m}^3/\text{s}$$

La rejilla es: 2 x 0.75 m, con barrotes 5 @ 0.20, de grosor 0.10 m

4.4.3.1.2. Ángulo que forman el muro de la rejilla con el río

$$\alpha' = \text{Arc cos } (V_r / V_c)$$

$Q_{ma} = 1.673 \text{ m}^3/\text{s}$; Área de sección mojada del río = $A_{sm} = 8.6 \times 0.9 = 7.74 \text{ m}^2$

Velocidad del río = $V_r = Q_{ma} / A_{sm} = 0.216 \text{ m/s}$

$$\alpha' = \text{Arc cos } (V_r / V_c) = \text{Arc cos } (0.266/1) = 77.5^\circ$$

$$\alpha = 90 - 77.5^\circ = 12.5^\circ$$

4.4.3.1.3. Diseño del desripiador

Tabla 36: Datos para el diseño del desripiador.

Los siguientes datos mostrados para el diseño del desripiador fueron obtenidos en el cálculo de rejilla de la bocatoma, la simbología se puede apreciar en el gráfico 9.

Datos para el diseño	
Carga de agua al pasar la regla (Hn)	0.65 m
Altura desde el fondo del desripiador al umbral de la rejilla (Y2)	1.50 m
Pérdida de agua al pasar la rejilla (Z)	0.10 m
Altura en la parte posterior del vertedero del desripiador (Y3)	1.1 m
Caudal que entra en la rejilla de la bocatoma (Q)	0.70 m
Ancho total de la rejilla (B')	2 m

- Coeficientes de sumersión

Según Canovalov

$$Mo = [1.794 + \frac{0.0133}{Hn}] [1 + 0.55(\frac{Hn}{Hn+P2})^2]$$

$$Mo = 1.906$$

Según Bazin

$$Mo = [0.407 + \frac{0.045 Hn}{Hn+P2}] [1 + 0.285(\frac{Hn}{Hn+P2})^2] \sqrt{2g}$$

$$Mo = 1.912$$

- Corrección por sumersión:

$$Hn' = Hn - z$$

$$Hn' = 0.55$$

- Coeficiente de corrección por sumersión

Según Bazin

$$S = 1.05 [1 + 0.2(\frac{Hn'}{y3})^3] \sqrt{\frac{z}{Hn}}$$

$$S = 0.619$$

Según Villemonte

$$S = [1 - (\frac{Hn'}{Hn})^{\frac{3}{2}}]^{0.385}$$

$$S = 0.560$$

- El vertedero de salida, con datos de Bazin

$$b = \frac{Q}{sMoHn^{3/2}} \quad b = 1.33 \text{ m}$$

- La longitud del desripiador es

$$L = \frac{B' - b}{2 \tan \alpha} = 1.2 \text{ m}$$

- La longitud del desripiador también se calcula en función al resalto sumergido. La altura contraída, d1 por Bernoulli es:

$$To = P2 + Hn + Z = 2.25 \text{ m} \quad q = Q / B' = 0.350$$

$$d_{con} = \frac{q}{k \sqrt{2g(to - dcon)}}$$

K': 0.95 – 0.85, para azud con compuerta sobre la cresta y de 1 – 0.9, para azud sin compuerta.

$$K' = 0.95$$

Tabla 37: Altura contraída d1 al pie del azud, mediante aproximaciones sucesivas.

Se mostró las siguientes aproximaciones referente al cálculo del calado contraído al pie del azud, según Bernoulli.

d0con		0	
d1con		0.05545027	
d2con		0.05614644	Continuar
d3con		0.05615535	Continuar
d4con		0.05615546	Ok
d5con		0.05615546	Ok

$$d1 = 0.0562$$

La altura conjugada d2:

$$d2 = \frac{d1}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{8q^2}{gd1^3}} - 1 \right) = 0.639$$

Por lo que se consideró una la longitud del resalto, igual a la longitud del desripiador se tiene:

Según Pavlovski: $L = 2.5(1.9 d2 - d1) = 2.897 \text{ m}$

Según Safranetz: $L = 4.5*d2 = 2.876 \text{ m}$

Según Bakhmetev: $L = 5(y2 - y1) = 2.918 \text{ m}$

Se consideró una longitud del desripiador de $2.897 = 3 \text{ m}$ calculado con la fórmula de Pavlovski.

4.4.3.1.4. Diseño de transición

En la salida de la transición se tenía de los siguientes datos:

Parámetro (m): 0

Caudal que entra a la rejilla de la compuerta (Q): 0.7 m³/s

Coefficiente de rugosidad (n): 0.025

Gradiente (J): 2%

Solución:

- Tirante hidráulico Y2

$$d^{8/3} = \frac{nQ2^{2/3}}{j^{1/2}(2\sqrt{m^2 + 1} - m)} = d = 0.419 \text{ m} \quad d_2 = 0.42 \text{ m} \quad \text{base: } b_2 = 0.8 \text{ m}$$

- Área hidráulica, perímetro mojado, radio hidráulico

$$A_2 = (b+zy)y = 0.298 \text{ m}^2 \quad P_2 = b+2y\sqrt{1+Z^2} = 1.64 \text{ m} \quad R_2 = \frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+Z^2}} = 1.182 \text{ m}$$

- Velocidad V2

$$V_2 = Q_2/A_2 = 2.347 \text{ m/s}$$

- Longitud de la transición "L"

Relación de secciones b1 y b2

Sección b1 = 1.33 m = vertedero de salida

Sección b2 = 0.65 m = canal

$$L = (b_1 - b_2) / (2 \tan \alpha), \alpha = 12.5^\circ \quad L = 1.53 \text{ m} \quad L \text{ optado: } 1.55 \text{ m}$$

- Al comienzo de la transición

$$\text{Tirante: } d_1 = A_2/b_1 = 0.224 \text{ m} \quad \text{Velocidad: } V_1 = Q / b_1(Y_2 + H_n) = 0.244 \text{ m/s}$$

$$\text{Carga de velocidad: } \frac{V_1^2}{2g} = 3.04E-03$$

Al comienzo de la transición no puede ser menor que la relación

$$d_1 = d_2 + p_3 = 1.52 \text{ m}$$

- Velocidad de aproximación al vertedero al inicio de la transición

$$\text{Velocidad } V_1 = Q / A_1 = 0.7 / 1.52 \cdot 1.33 = 0.346 \text{ m/s}$$

$$\text{Carga de velocidad: } \frac{V^2}{2g} = 6.09E-03$$

- Pérdida de energía en la superficie del agua

Cálculo de "hf"

$$hf = \left(\frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} \right) = 0.275$$

Perdida en la superficie del agua

$$Z = (1 + C) hf = 0.357$$

C = 30 para una transición recta

4.4.3.1.5. Diseño de compuerta de lavado del desripiador

En la salida de la transición se tenía los siguientes datos:

Parámetro (m): 0

Caudal que entra a la rejilla de la compuerta (Q): 0.7 m³/s

Coefficiente de rugosidad (n): 0.025

Gradiente (J): 2%

Cálculo de la sección del canal de desfogue

$$QL = 2(Q) = 2 \cdot 0.7 = 1.4 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$d^{8/3} = \frac{nQt^{2/3}}{j^{1/2}(2\sqrt{m^2+1}-m)} = 0.5 \text{ m} = d_2$$

- Cálculo de parámetros hidráulicos

$$\text{Base } b = 2 \cdot d_2 = 1 \text{ m}, \quad \text{Área } A = b \cdot d_2 = 0.5 \text{ m}^3$$

$$\text{Perímetro } P = b + 2 \cdot d_2 = 2 \text{ m}, \quad \text{Radio } R = A/P = 0.25 \text{ m}$$

- Velocidad

$$V = \frac{QL}{A} = 2.8 \text{ m/s}$$

- Cálculo y diseño de la compuerta:

Para un caudal de compuerta libre, se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros calculados a ser reemplazados en la fórmula de caudal de comprobación.

K': 0.95 – 0.85, para azud con compuerta sobre la cresta y de 1 – 0.9, para zud sin compuerta.

$$\text{Coeficiente } (K') = 0.95 = k$$

$$\text{Relación de } a/H = 0.684$$

$$\text{Base } (b) = 1 \text{ m}$$

$$\text{Condición: } a/H > 0.1, 0.864 > 0.1 \text{ cumple}$$

$$Q = k * e * a * b * \sqrt{2g(H + \frac{v^2}{2g} - (e * a))} \quad \left(H + \frac{v^2}{2g}\right) = 2.5$$

$$Q = 0.95 * 0.684 * 1.7 * 1 * \sqrt{2 * 9.81(2.5 - (0.684 * 1.7))} = 5.66 \text{ m}^3/\text{s}$$

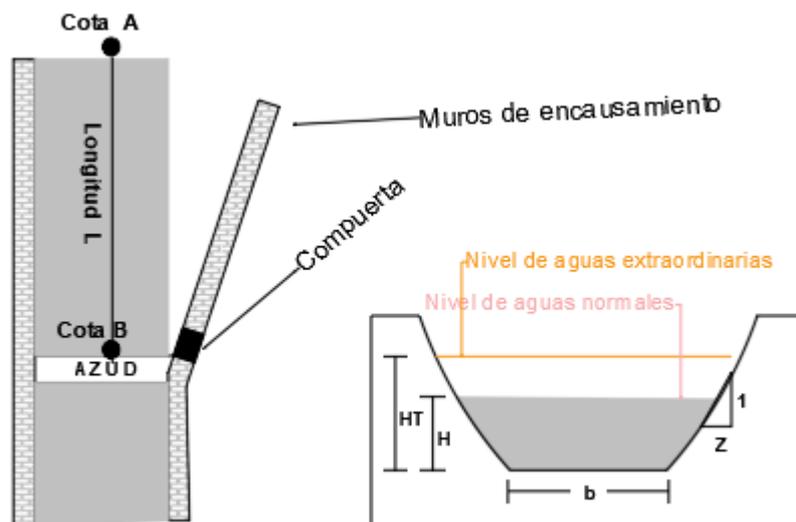
Entonces Q debe ser mayor que QL

$$Q > QL \quad 5.66 > 1.4 \quad \text{Cumple}$$

4.4.3.1.6. Diseño del azud de la bocatoma

Figura 3: sección del río donde se diseñó la bocatoma

En el gráfico se mostró la sección del río con parámetros necesarios para realizar el diseño del azud.



Datos del río:

Cota A: 3898 msnm

Cota B: 3897 msnm

Longitud "L": 60 m

Pendiente "I": $((3898-3897)/60)*100 = 1.67 \%$

Nivel de aguas normales "H": 0.9 m

Nivel de aguas extraordinarias HT: 1 m

Ancho del río (b) = 8.6 m

Talud del río (z): 0.5

Altura del azud (Y1): 0.7 m

Gravedad (g): 9.81 m/s²

Coeficiente K (varía 18 – 25): 20

Velocidad del río (V): 2.17 m/s

- Cálculo de la velocidad del río

$$V = K \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} = 20 \cdot 0.767^{2/3} \cdot 1.67\%^{1/2} = 2.17 \text{ m/s}$$

- Coeficiente de sumersión

Según Canovalov

$$Mo = \left[0.407 + \frac{0.045 H}{H+Y1} \right] \left[1 + 0.285 \left(\frac{H}{H+Y1} \right)^2 \right] \sqrt{2g}$$

$$Mo = 2.11$$

Según Bazin

$$Mo = \left[1.794 + \frac{0.0133}{H} \right] \left[1 + 0.55 \left(\frac{H}{H+Y1} \right)^2 \right]$$

$$Mo = 2.15$$

$$Mo \text{ (promedio)} = (2.11 + 2.15) / 2 = 2.13$$

Donde:

$$\text{Tirante (b)} = b + 2zy = 8.6 + 2 \cdot 0.5 \cdot 0.7 = 9.3 \text{ m}$$

Definiendo "H"

Donde:

$$Q_{\text{max de Avenida}} = 1.673 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q2 = 1.5 \cdot Q_{\text{max}} = 2.51 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Fórmula general de vertederos: } Q2 = Mo \cdot b \cdot H^{3/2}$$

$$H = (Q2 / Mo \cdot b)^{2/3} = (2.51 / 2.13 \cdot 9.3)^{2/3} = 0.25 \text{ m}$$

Tabla 38: Coordenadas de perfil Creager – Ofizeroff para Ho: 1 m.

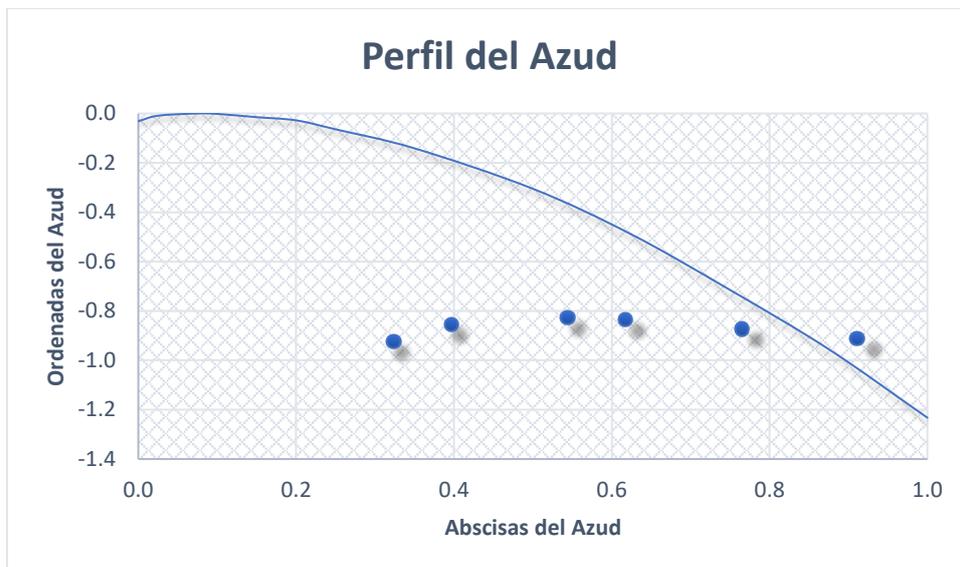
Como el perfil Creager fue diseñado para una carga de agua de 1m y para nuestro caso se tenía Ho: 0.25m, donde se multiplicó por el valor de la carga de agua de 0.25m para encontrar las nuevas coordenadas del perfil del azud en diseño.

Coordenadas de perfil Creager – Ofizeroff para 1 m.				
para 1m.		H	Coordenadas calculadas	
X	Y	0.25	X	Y
0	0.126	0.25	0.000	-0.032
0.1	0.036	0.25	0.025	-0.009

0.3	0.000	0.25	0.075	0.000
0.4	0.007	0.25	0.100	-0.002
0.6	0.060	0.25	0.150	-0.015
0.8	0.112	0.25	0.200	-0.028
1	0.257	0.25	0.250	-0.064
1.4	0.565	0.25	0.350	-0.141
2	1.220	0.25	0.500	-0.305
2.5	1.960	0.25	0.625	-0.490
3	2.860	0.25	0.750	-0.715
3.5	3.820	0.25	0.875	-0.955
4	4.930	0.25	1.000	-1.233

Fuente: autoridad nacional del agua (ANA, 2010)

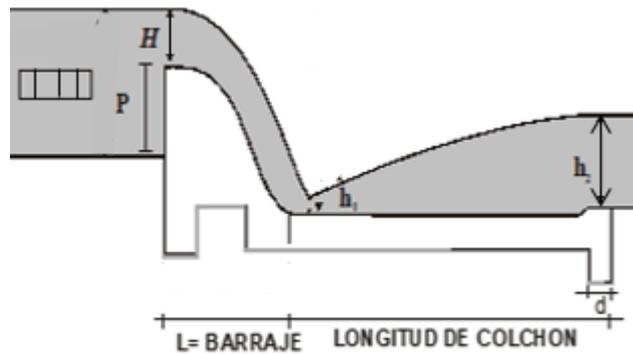
Gráfico 8: Perfil del azud de la bocatoma



Interpretación: En el gráfico 8, de acuerdo a lo calculado y el perfil de diseño del azud, se encontró sus dimensiones con altura (H azud) de 0.70m y longitud (L azud) de 1m.

4.4.3.1.7. Diseño de poza de amortiguación

Figura 4: Esquema de la poza de amortiguación del azud.



Interpretación: En la figura 4, se mostró la simbología de las dimensiones de la poza de amortiguación.

Datos:

Tirante (T): 9.3 m

Carga de agua (H): 0.25 m

Carga (z): 0.5

Caudal (Q2): $1.5 \cdot Q_{\max} = 2.51 \text{ m}^3/\text{s}$

Altura del azud (P): 0.7 m

Factor K1: de 0.95 a 0.85 con compuerta en barraje,
de 1 a 0.90 sin compuerta en barraje.

Factor (K1): 1

Gravedad (g): 9.81 m/s^2

Velocidad del río (V): 2.17 m/s

Ancho del río (b) = 8.6 m

Cálculo:

- Caudal unitario (q)

$$T_2 = T + 2(Z \cdot H) = 9.55 \text{ m} \quad q = Q_2 / T_2 = 0.26$$

$$\text{Área} = (T \cdot H) + (1 \cdot (H^2)) = 2.39 \text{ m}^2 = A \quad \text{Velocidad} = Q_2 / A = 1.05 \text{ m/s} = V$$

$$V^2 = 1.11 \text{ m/s} \quad T_0 = (P+H) + (V^2/2g) = 1.01$$

- Mediante tanteos hallamos "h1", de modo que de una igualdad

$$(h_1)^2 (T_0 - h_1) = q^2 / (k_1 \cdot 2g) \quad \text{con } h_1 = 0.0610$$

$$0.0035 = 0.0035$$

Entonces:

$$h_2: (h_1/2) \left((-1 + (1 + 8q^2)/(g \cdot h_1^3)) \right)^{0.5} = 0.77$$

condición: Si($h_2 > H$; "profundizar" ; "No profundizar")

$$h_2 > H = 0.77 > 0.25$$

entonces: profundizamos

$$\text{área} = Q^2/V = 1.16 \text{ m}^2 = A^2$$

$$Y = (-b + (b^2 - (4 \cdot Z)(-A^2))^{0.5})/2 = 0.07 \quad \text{por lo que } h_2 > Y \quad 0.77 > 0.07$$

Donde:

$$Pr = K \cdot h_2 - (Y_n + z) \quad Pr = K \cdot h_2 - Y_n$$

Pr: profundidad del pozo

K: coeficiente de seguridad que varía 1.1 a 1.2 usar: 1.15

Z: energía perdida, para el diseño es despreciable

Y_n : tirante normal del río aguas abajo

$$Pr = 1.15 \cdot 0.77 - 0.07 = 0.82 \text{ m}$$

condición: Si($Pr = 0$; "No corregir tirantes" ; "Corregir tirantes tiene profundidad el pozo")

recalculando tirantes:

$$T = P + H + Pr = 1.77$$

$$T_o = T + (V^2/2g) = 1.83$$

- por tanteos hallamos " h_1 ", de modo que de una igualdad

$$(h_1)^2(T_o - h_1) = q^2/(k_1 \cdot 2g) \quad \text{con } h_1 = 0.05$$

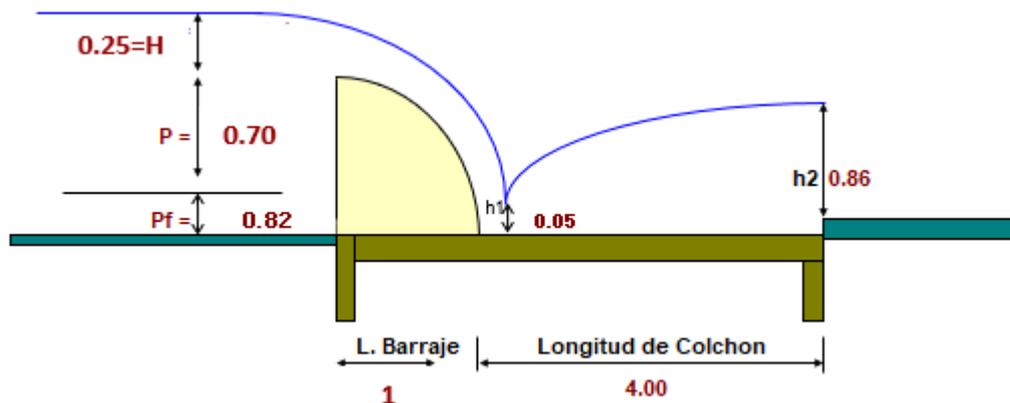
$$0.004 = 0.004$$

Entonces:

$$h_2: (h_1/2) \left((-1 + (1 + 8q^2)/(g \cdot h_1^3)) \right)^{0.5} = 0.86$$

- determinamos la longitud de la poza
- L prom: $2.5(1.9h_2 - h_1) = 2.5(1.9 \cdot 0.86 - 0.05) = 3.96 = 4 \text{ m}$

Figura 5: Azud y sus respectivas dimensiones calculadas.



interpretación: En la figura 5, se observó el azud y sus respectivas medidas con una carga de agua sobre el barraje (P) de 0.25 m; una altura de barraje (P) de 0.70 m; profundidad del pozo (Pf) de 0.82; tirante al inicio del colchón (h1) de 0.05 m, tirante al final del colchón (h2) de 0.86 m; longitud de barraje (Lb) de 1m y finalmente la longitud de la poza colchón de amortiguación (Lc) de 4m.

4.4.3.2. Diseño de desarenador

El desarenador se ubica entre las progresivas 0+030.000 – 0+46.500 del canal de primer orden.

Se diseñó para diámetros partículas a sedimentar

“Se consideraron los efectos retardatorios de la turbulencia”

4.4.3.2.1. Cálculo del diámetro de partículas y velocidad del tanque y caída

- cálculo del diámetro de la partícula a sedimentar.

Diámetro máximo de partículas en canales = 0.5mm

Diámetro calculado por el estudio de mecánica de suelos

∅ arena arcillosa con grava = 1.15 mm

∅ =0.5 mm por ser el máximo permitido.

- Velocidad del flujo en el tanque: límites de velocidad entre 0.2m/s -0.6 m/s

Según camp:

$$v = a\sqrt{d} \text{ cm/s}$$

Se encontró "a" que está en función al diámetro "d" de la partícula a sedimentar:

$$a = 51 \text{ para } \phi < 0.1 \text{ mm}$$

$$a = 44 \text{ para } \phi 0.1 - 1 \text{ mm}$$

$$a = 36 \text{ para } \phi > 1 \text{ mm}$$

Como se tenía un diámetro de 0.5 mm, entonces "a" será 44

$$v = 44\sqrt{0.5} = 0.31 \text{ m/s}$$

- Velocidad de caída w (en aguas tranquilas)

Según Scotti -Foglieni:

$$w = 3.8\sqrt{d} + 8.3d = 0.089.12 \text{ m/s} = 8.97 \text{ cm/s}$$

D= diámetro de la partícula = 0.5 mm en metros.

W = velocidad de sedimentación en m/s.

Según Arkhangelski:

cálculo velocidades en función al diámetro de partículas en el año 1993.

Donde para un diámetro de partícula mostrado, nos da la velocidad w.

$$\phi \text{ (mm)} = 0.5 \text{ mm}$$

$$W = 5.4 \text{ cm/s}$$

según Sellerio:

En un monograma, para un diámetro de 0.5mm nos da una velocidad w

$$\phi \text{ (mm)} = 0.5 \text{ mm}$$

$$W = 5.4 \text{ cm/s}$$

$$W = W \text{ diseño} = \frac{8.97 + 5.4 + 5.4}{3} = 6.44 \text{ cm/s.}$$

4.4.3.2.2. Dimensionamiento del tanque.

Para la velocidad entre 0.20 y 0.60 m/s la mínima profundidad fue de 1.50 y 4 m

Considerando la profundidad h= 1.5 m

Según Bastelli et al:

$$\text{Consideraron } \alpha = \frac{0.132}{\sqrt{h}} = \frac{0.132}{\sqrt{1.5 \text{ m}}} = 0.108$$

Según Levin:

$$W' = \alpha V = 0.108 * 0.3111 \text{ m/s} = 0.034 \text{ m/s}$$

Según Eghiazaroff:

$$w' = \frac{v}{5.7 + 2.3 x h} = \frac{0.3111 \text{ m/s}}{5.7 + 2.3 x 1.5} = 0.034 \text{ m/s}$$

➤ Cálculo de la longitud del tanque

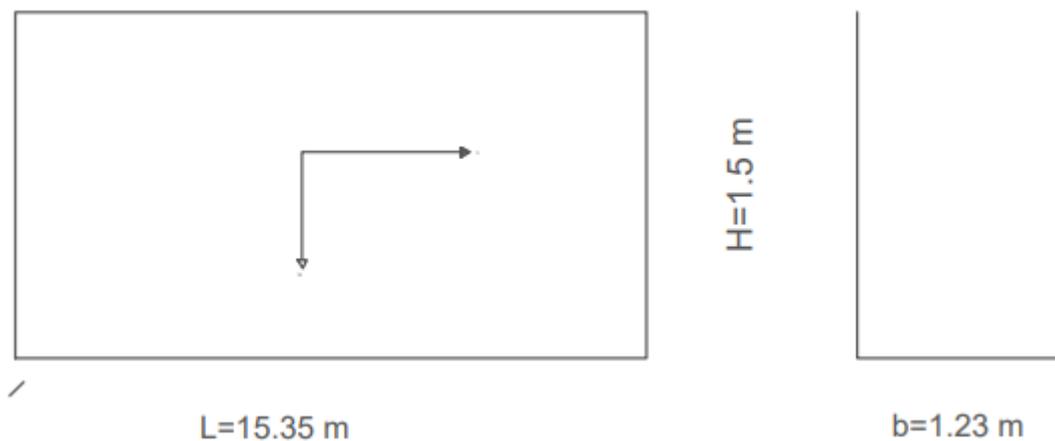
$$L = \frac{hv}{w - w'} = \frac{1.5 \text{ m} x 0.3111 \text{ m/s}}{0.0644 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 0.034 \text{ m/s}} = 15.35 \text{ m}$$

➤ Cálculo del ancho del tanque.

$$b = \frac{Q}{hv} = \frac{0.572 \text{ m}^3/\text{s}}{1.5 \text{ m} x 0.3111 \text{ m/s}} = 1.23 \text{ m}$$

Para el lavado se obtuvo una pendiente del 2% donde la inclinación inicia al final de la transición.

Figura 6: Esquema del tanque del desarenador.



Interpretación: En la figura 6, se observa las dimensiones calculadas para el tanque del desarenador con una longitud de 15.35 m, una altura de 1.5 m y un ancho de 1.23 m respectivamente.

4.4.3.2.3. Cálculo de la longitud de la transición

HIND:

Transición de entrada:

$$L = \frac{T1 - T2}{2 \text{tg } 22.5^\circ} = \frac{(1.23 - 0.65) \text{ m}}{2 \text{tg } 22.5^\circ} = 0.70 \text{ m}$$

T1= espejo de agua del desarenador.

T2= espejo de agua del canal.

Por lo tanto:

$$T1=1.23 \text{ m}$$

$$T2= 0.65 \text{ m}$$

Transición de salida:

$$L = \frac{T1 - T2}{2 \operatorname{tg} 22.5^\circ} = \frac{(1.23 - 0.65)m}{2 \operatorname{tg} 22.5^\circ} = 0.70 \text{ m}$$

4.4.3.2.4. Cálculo de la longitud del vertedero.

Para un vertedero rectangular sin contracciones.

FRANCIS:

$$Q = CLh^{3/2}$$

Se consideró una carga de agua de sobre el vertedero $h = 0.25 \text{ m}$, siendo lo máximo permitido.

$C = 1.84$ (para vertederos con cresta aguda)

$V < 1 \text{ m/s}$, límite máximo de velocidad

$$v = Ch^{1/2} = 1.84x(0.25\text{m})^{1/2} = 0.92 \frac{\text{m}}{\text{s}} < 1 \text{ m/s}$$

$$L = \frac{Q}{Ch^{3/2}} = \frac{0.572 \text{ m}^3/\text{s}}{1.84(0.25\text{m})^{3/2}} = 2.49 \text{ m}$$

- Cálculo del ángulo central α y el radio R con que se traza la longitud del vertedero.

Cálculo del α :

$$L = \frac{\pi r \alpha}{180} = 2.49 \text{ m} \quad b = R (1 - \cos \alpha) = 1.23 \text{ m}$$

$$c = \frac{180 l}{\pi b} = \frac{180}{\pi} x \frac{2.49 \text{ m}}{1.23 \text{ m}} = 115.989$$

$$f(\alpha) = \frac{\alpha}{1 - \cos \alpha} = c$$

Por tanteos:

$$\alpha = 62.5863^\circ$$

$$f(62.5863^\circ) = \frac{62.5863^\circ}{1 - \cos (62.5863^\circ)} = c$$

$$115.989 = 115.989$$

Cálculo del radio:

$$R = \frac{180 l}{\pi \alpha} = \frac{180 \times 2.49}{\pi(62.5863^\circ)} = 2.28m$$

- Cálculo de la longitud de la proyección longitudinal del vertedero(L1)

$$L1 = R \sin \alpha = 2.28 \times \sin 62.5863^\circ = 2.02 m$$

- Cálculo de la longitud promedio (L)

$$L' = \frac{L + L1}{2} = \frac{2.49 + 2.02}{2} = 2.26 m$$

- Cálculo de la longitud total del tanque desarenador.

$$LT = Lt + L + L' = 0.50 + 15.35 + 2.26 = 18.11m$$

4.4.3.2.5. Cálculos complementarios.

- Cálculo de caída en el fondo.

$$\Delta z = l \times s$$

Δz = diferencia de cotas del fondo del desarenador.

$$L = LT - Lt = 18.11 - 0.50 = 17.61m$$

S = 2% (pendiente en el fondo del desarenador)

$$\Delta z = 17.61 \times 2\% = 0.3522 m$$

- Profundidad del desarenador frente a la compuerta de lavado.

$$H = h + \Delta z = 1.5 + 0.3522 = 1.8522m$$

- Altura de cresta del vertedero respecto al fondo.

$$hc = h - 0.25 = 1.8522 - 0.25 = 1.6022m$$

4.4.3.2.6. Dimensiones de la compuerta del lavado.

Para el diseño se consideró una compuerta rectangular de 1 m x 2.55 m, con la siguiente ecuación.

$$Q = Cd A_o \sqrt{2gh} = 0.6 \times 2.55 \sqrt{2 \times 9.81 \times 1.275} = 7.65 m^3/s$$

Q = caudal o descarga por la abertura.

Cd = (0.6) para orificios de pared delgada.

A = área del orificio.

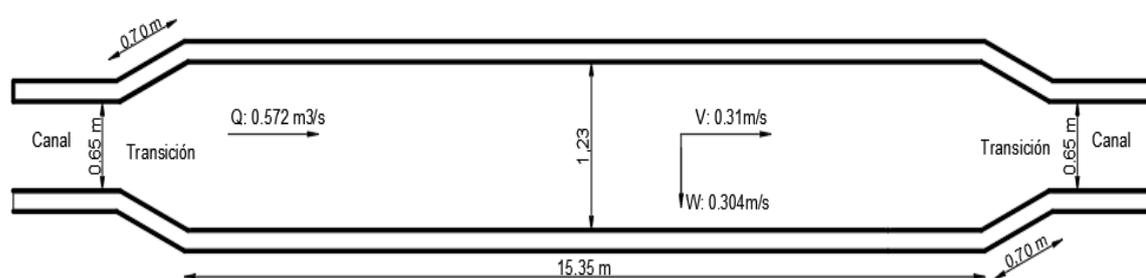
h = carga de agua hasta el centro del orificio.

g = (9.81) gravedad.

- Cálculo de la velocidad de salida.

$$V = \frac{Q}{A_o} = \frac{7.65}{2.55} = 3 m/s$$

Figura 7: Desarenador y sus respectivas medidas calculadas.



Interpretación: En la figura 7, se observa el desarenador y sus respectivas dimensiones numéricas del tanque con una longitud de 15.35 m y un ancho de 1.23 m. Además, las longitudes de las transiciones de entrada y salida son de 0.70 m.

4.4.3.3. Diseño de toma lateral

para el proyecto se consideró compuertas planas – verticales y se diseñó según “hidráulica de canales de máximo Villón Vejar”.

Por lo que para el diseño de la toma en los canales de segundo orden se consideró un caudal necesario de 0.21 m³/s. Es importante mencionar que los usuarios riegan por turno, de los cuales fue un turno por cada usuario. Para el diseño de las tomas se presentaron los siguientes datos:

Caudal de diseño (Q): 0.572 m³/s

Carga de agua delante la compuerta (y_1): 0.43 m

Velocidad del flujo (V_1): 2.05 m/s

Coefficiente de contracción (cc): 0.62

Base de la toma (b): 0.65 m: base de la compuerta

Entonces:

Para el valor de la abertura de la compuerta “a” se calculó por aproximaciones, de modo que al reemplazar en la fórmula del caudal de descarga para compuertas se llegó obtener el valor requerido de 0.21 m³/s

Fórmula para el canal de descarga en compuertas:

$$Q: cd*b*a*\sqrt{2g * y1}$$

Se determinó: a = 0.20 m

Coeficiente de velocidad (Cv):

$$Cv: 0.960 + 0.0967*(a/y1): 1.01$$

Coeficiente de descarga (cd):

$$Cd: \frac{Cc*Cv}{\sqrt{1 + \frac{Cc*a}{y1}}} = \frac{0.62*1.01}{\sqrt{1 + \frac{0.62*0.20}{0.43}}} = 0.55$$

Comprobación del caudal de descarga (Q):

$$Q: cd*b*a*\sqrt{2g * y1} = 0.55*0.65*0.20*\sqrt{2 * 9.81 * 0.43} = 0.21 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tirante aguas debajo de la compuerta (y2):

$$Y2: Cc*a: 0.124 \text{ m}$$

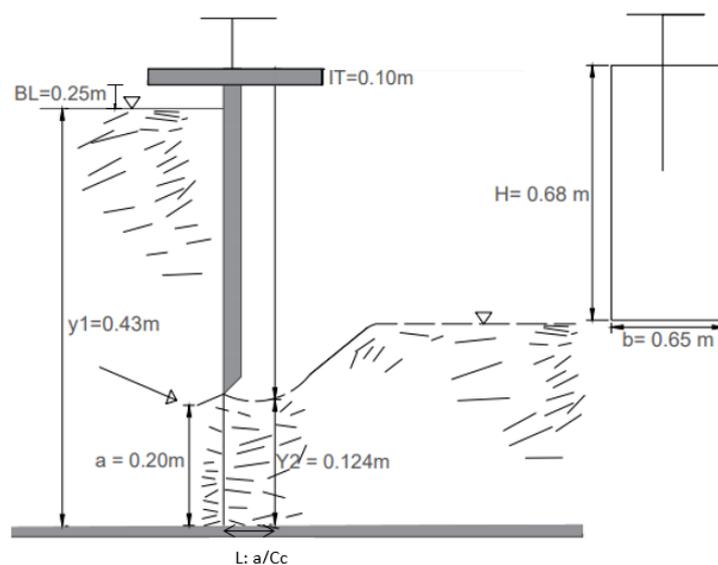
Longitud de la sección contraída (L):

$$L: a/Cc : 0.32 \text{ m}$$

Figura 8: Toma lateral

Las tomas laterales se ubican las progresivas 1+262.000 y 3 + 002.000 del canal de primer orden.

Para las tomas laterales se consideraron compuertas planas – verticales, donde para la cual se encontró las dimensiones de altura (H): 0.68 m, un ancho de (b): 0.65 m y una abertura de pase de agua (a): 0.020 m.



V. DISCUSIÓN

En la realización del estudio topográfico perteneciente al sistema de riego se encuentra que el terreno está accidentado debido a que presenta pendientes transversales < al 71%, en nuestro caso la pendiente de diseño se mantuvo tal cual. Estos resultados son similares a los encontrados por Castro (2019), quien logró determinar pendientes transversales \geq al 51%. Estos resultados se sustentan en el hecho de que los estudios topográficos de campo son requisitos previos para lograr una alta precisión del lugar en estudio (Manpreet, Sidhu, Yadvinder, Singh y Pandey, 2020). Los valores de pendientes cambian debido a la forma que se presenta el terreno donde se realiza la topografía, también para ello es importante verificar que el equipo topográfico esté perfectamente calibrado.

Como se muestra en la tabla 4, en el estudio de mecánica de suelos se presentan cuatro tipos de suelo diferente, siendo arena arcillosa con grava, arena limosa, limo arenoso de baja plasticidad y arcilla arenosa de baja plasticidad; así mismo en la tabla 3, el límite líquido mantiene un valor mínimo y máximo de 25.8 y 39.3%, el límite plástico un valor mínimo de 17.6% y el máximo valor de 30.4%, así como también el contenido de humedad está en un rango del 10.7 al 60%. Estos datos son semejantes a los encontrados por Pacheco (2018), encontró tipos de suelos como limo con arcilla y suelo limoso/pobre a malo; con límites líquido y plástico del 34 y 24%, y con un contenido de humedad de 52.69%. Estos indicadores analizados son necesarios para identificar los atributos físicos, químicos y biológicos (Aravindh, Chinnadurai y Balachandar, 2020) ya que permite realizar el diseño a mejor detalle. Los estudios de suelo en esta investigación fueron realizados en los meses de mayor lluvia y no en los meses de mayor sol, sin embargo, podrían variar algunos parámetros dependiendo al tiempo que sean analizados.

En el estudio hidrológico se obtiene un caudal de máxima avenida del río de 1.673 m³/s, una intensidad máxima de 14.59 mm/h para un periodo de retorno de 500 años y un tiempo de concentración de la cuenca de 15.12 minutos. Estos resultados son parecidos a los reportados por Paredes (2019), quien determinó un caudal máximo de 13.387 m³/s, una intensidad máxima de 60.506 mm/h para un periodo de retorno de 500 años y un tiempo de concentración de la cuenca de 13.635 minutos. Estos resultados son sustentables por que el estudio hidrológico es fundamental para determinar el tipo de clima en la cual predomina la cuenca (Ram, 2017) por lo que nos permite realizar un cálculo con mayor precisión; además, la hidrología aún todavía es un ámbito nuevo y emergente, por lo que los profesionales científicos todavía están tratando de conocer los procesos físicos, químicos, biológicos y su interacción para beneficiarse mejor de los complejos ecosistemas (Latif y Mohamed, 2017). El caudal máximo de avenida cambia debido a la extensión y sus características climáticas que se presentan en determinada cuenca.

En el diseño geométrico del sistema de riego Tumacyacu para un caudal de diseño de 0.572 m³/s, para el canal de sección trapezoidal de segundo orden en el tramo 1, se calcularon los siguientes parámetros base (b): 0.50m, tirante normal (y): 0.3040 m y un espejo de agua (T): 0.8040 m, y en la sección escalonada se obtuvo una base (b): 0.65 m, altura de la contrahuella (h): 0.55 metros. Estos resultados mantienen similitud a los encontrados por Aranda y Castillo (2018), quienes lograron determinar valores b: 0.30 m, y: 0.103 m, T: 0.30 m; y en la sección escalonada los resultados son similares a los presentados por (Del Toro, 2013), donde para un caudal de diseño de 18.50 m³/s determinó una base (b): 6 m, altura de la contrahuella (h): 3 m, longitud de huella (l): 7 m. Estos indicadores se sustentan con el hecho de que los canales artificiales generalmente se diseñan con formas geométricas regulares (Villon, 2007) para un mejor comportamiento del flujo en la sección. El diseño geométrico de las secciones en los canales fue diseñado para disipar energía y no llegar a velocidades erosivas.

VI. CONCLUSIONES

Se diseñó el sistema de riego con canales de primer y segundo orden, que incluye obras especiales como bocatoma y desarenador, y en obras de arte se diseñaron tomas laterales.

A través del levantamiento topográfico del sistema de riego, se realizó un modelamiento del terreno mediante curvas de nivel en el software civil 3D; determinándose el terreno de tipo accidentado.

A través del estudio de mecánica de suelos, determinó arena arcillosa con grava, arena limosa, limo arenoso de baja plasticidad y arcilla arenosa de baja plasticidad, mediante las normas SUCS y AASHTO.

El caudal máximo de avenida fue de 1.673 m³/s, realizado a través del estudio hidrológico de la cuenca Tumacyacu

El diseño geométrico presentó una sección trapezoidal con base 0.5 m, y en la sección escalonada una base 0.65 m, una altura de contrahuella de 0.55 metros.

VII. RECOMENDACIONES

En el levantamiento topográfico para modelar el relieve del terreno del canal mediante curvas de nivel, primeramente, se debe realizar un reconocimiento de la zona, anotando las principales características y georeferenciando los Benchs Marks más relevantes del eje probable del canal.

Para realizar el estudio de mecánica de suelos del eje del canal, se recomienda realizarlo en las temporadas de menor lluvia, ya que las muestras pueden ser extraídas con más facilidad.

En el estudio hidrológico del canal de riego, se recomienda realizarlo en las temporadas de mayores lluvias, así como también mientras mayor sea el registro de datos históricos referente a su tiempo que son tomados mayor será la aproximación al caudal máximo de avenida.

Para realizar el diseño geométrico de un sistema de riego, ya es necesario contar con estudios como topografía, hidrología, geotecnia, ambientales, agrologicos, agronómicos y teorías que pueden ser consideradas de libros, revistas y manuales.

REFERENCIAS

1. ARANDA, Luis y CASTILLO, Josué. Evaluación y Propuesta de Diseño del Canal de Riego de Coriac, Distrito de Anta, Provincia de Carhuaz, Departamento de Ancash – 2018. Tesis (optar el título profesional de ingeniero civil).
Huaraz: Universidad Cesar Vallejo, 2019.
Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/40694>
2. ARAVINDH, S., CHINNADURAI, C. y BALACHANDAR, D. Soil [en línea]. Vol. 6, n.º2, 2020 [fecha de consulta: 22 de septiembre de 2020].
Disponible en: <https://soil.copernicus.org/articles/6/483/2020/>
ISSN: 2199 - 3998
3. AUTORIDAD Nacional del Agua: Criterios de diseño de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico.
Lima: 2010. 356 pp.
4. CASTELLANOS, Hermes [et al]. Información tecnológica [en línea]. Vol. 28, n.º6, 2017. [fecha de consulta: 01 de octubre de 2020]. Disponible en:
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642017000600012&lng=es&nrm=iso
ISSN: 0718-0764
5. CASTRO, Irvin. Diseño del mejoramiento del canal de riego Pueblo Viejo, caserío Yamobamba, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión. Tesis (optar el título profesional de ingeniero civil).
Trujillo: Universidad Cesar Vallejo, 2018.
Disponible en: file: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/43576>
6. CHANSON, Hubert. The Hydraulics of Stepped Chutes and Spillways [en línea]. Lisse: Balkema Publishers, 2002 [Fecha de consulta: 10 de junio de 2021].
Disponible en: <https://espace.library.uq.edu.au/view/UQ:109112>
ISBN: 90 5809 352 2

7. DEL TORO, Nataly. Bases y criterios de diseño de canales con flujo escalonado y sujetos a aireación natural. Trabajo (graduación previo la obtención del título de ingeniero civil).
Quito: Universidad Central del Ecuador, 2013.
Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2199>
8. GONZÁLEZ, Carlos y CHANSON, Hubert. Diseño hidráulico de vertedores escalonados con pendientes moderadas: metodología basada en un estudio experimental. *Tecnología y Ciencias del Agua* [en línea]. Vol.22, n.º3. 01 de enero del 2007. [Fecha de consulta: 10 de junio de 2021]. Disponible en: <http://www.revistatyca.org.mx/index.php/tyca/article/view/186>
ISSN electrónico: 2007 – 2422
9. GUERRERO, Cristian y CRUZ, Lucio. Ingeniería y desarrollo [en línea]. Vol. 36, n.º2, 2018 [fecha de consulta: 19 de octubre del 2020].
Disponible en: <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/10377/214421442591>
ISSN: 2145 - 9371
10. HABASH, Ahmed [et al]. Water science [en línea]. vol. 32, Nº2, 2018 [fecha de consulta: 17 de septiembre de 2020].
Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1016/j.wsj.2018.08.001>
ISSN: 1110-4929
11. HAMDY, A., EMAD, Elbeltagi y MOHAMED, E. Journal of hydroinformatics [en línea]. [fecha de consulta: 17 de octubre del 2020]. Vol. 22, n.º5, 2020.
Disponible en: <https://iwaponline.com/jh/article-abstract/22/5/1258/75121/Design-of-irrigation-canals-with-minimum-overall?redirectedFrom=fulltext>
ISSN: 1465 - 1734
12. HAOYANG, Lyu, ZENGCHUAN, Dong y SAKET, Pande. Journal of hydrology [en línea]. Vol. 582, 2020 [fecha de consulta: 16 de octubre del 2020].

- Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169419312594?via%3Dihub>
ISSN: 0022 – 1694
13. HERMANSEN, Cecilie [et al]. Soil Science Society of America Journal [en línea]. Vol. 85, 2017. [fecha de consulta: 17 de octubre del 2020].
Disponible en:
<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2136/sssaj2017.02.0066>
ISSN en línea: 1435 - 0661
14. HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos Y BAPTISTA, Maria. Metodología de la investigación [en línea]. 6.ºed. México: Mcgrag-Hill/Interamericana editores, 2014 [fecha de consulta: 13 de octubre del 2020]. Disponible en:
<http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
ISBN: 978 – 1 – 4562 – 2396 – 0
15. INSTITUTO Nacional de Estadística e Informática [fecha de consulta: 11 de septiembre 2020].
Disponible en:
<https://proyectos.inei.gob.pe/CenagroWeb/#>
16. INTERNATIONAL Networks for Natural Sciences [en línea]. Editorial Board of International Journal of Biosciences, 2020. [fecha de consulta: 14 de octubre del 2020].
Disponible en: <https://innspub.net/types-of-scientific-research/>
ISSN: 2226-390X
17. JIANGOU, Zhou [et al]. Measurement [en línea]. Vol. 151, 2020. [fecha de consulta: 13 de octubre de 2020]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263224119311157?via%3Dihub>
ISSN: 0263 - 2241
18. LATIF, Kalin y MOHAMED, M. Journal of Hydrologic Engineering [en línea]. Vol. 22, n.º1, 2017. [fecha de consulta: 1 de octubre de 2020].

Disponible en: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29HE.1943-5584.0001483>

ISSN (en línea): 1943-5584

19. LÁZARO, Diego. Determinación y evaluación de las patologías del concreto en el canal de riego Cayac – Ichic Huishca, ubicado en el distrito de Ticapampa, provincia de Recuay, departamento de Ancash – 2019. Tesis (optar el título profesional de ingeniero civil).

Chimbote: Universidad Católica los Ángeles Chimbote, 2019.

Disponible en: <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/13813>

20. LOZADA, José. Revista Cienciamerica [en línea]. Vol. 3, n.º1, 2014. [fecha de consulta: 13 de octubre del 2020]. Disponible en:

<http://cienciamerica.uti.edu.ec/openjournal/index.php/uti/article/view/30>

ISSN: 1390 - 9592

21. MANPREET, Singh. Precision agriculture [en línea]. Vol. 21, 2019. [fecha de consulta: 30 de noviembre del 2020].

Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11119-019-09669-3>

ISSN: 1573-1618

22. MINISTERIO de Agricultura y Riego. Mantenimiento de infraestructura de sistemas de riego. [fecha de consulta: 19 de septiembre 2020]. Disponible en:

<https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/4289>

23. MINISTERIO de economía y finanzas del Perú. [fecha de consulta: 19 de septiembre 2020]. Disponible en:

<http://ofi5.mef.gob.pe/inviertePub/ConsultaPublica/ConsultaAvanzada>

24. MOHAMMADI, Amir, PARVARESH, Atefeh y ABBASI, Nader. Global Ecology and Conservation [en línea]. vol. 18, 2019 [fecha de consulta: 17 de septiembre de 2020].

Disponible en:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351989418305201>

ISSN: 2351-9894

25. OHTSU, I., YASUDA, Y. y TAKAHASHI, M.. Flow Characteristics of Skimming Flows in Stepped Channels. Journal of Hydraulics [en línea]. Vol.130, n.º9, 16 de agosto 2004. [Fecha de consulta: 10 de junio de 2021].

- Disponible en: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%290733-9429%282004%29130%3A9%28860%29>
- ISSN (en línea): 1943-7900
26. OSADA, Edward, KARSZNIA, Krzysztof y KARSZNIA, Isabela. JOURNAL of surveying Engineering [en línea]. Vol. 145, n.º 2, 2019. [fecha de consulta: 17 de octubre del 2020].
- Disponible en: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29SU.1943-5428.0000273>
- ISSN (en línea): 1943 - 5428
27. OSADA, Edwar, OWCZAREK, Magdalena y SOSNICA, Krzysztof. Journal of surveying Engineering [en línea]. Vol. 145, n.º 4, 2019. [fecha de consulta: 17 de octubre del 2020].
- Disponible en: <https://ascelibrary.org/doi/full/10.1061/%28ASCE%29SU.1943-5428.0000287>
- ISSN (en línea): 1943 - 5428
28. PACHECO, Wylly. Diseño para el mejoramiento del canal de riego el Común - Vizcacha, Caserío la Esperanza, Distrito de Huaranchal, Provincia Otuzco - La Libertad. Tesis (optar el título profesional de ingeniero civil). Trujillo: Universidad Cesar Vallejo, 2018.
- Disponible en: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/25111/pacheco_gw.pdf?sequence=1&isAllowed=y
29. PAREDES, Patricia. Diseño del mejoramiento del canal de riego Laguna Viva, caserío Yamobamba, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión - La Libertad. Tesis (optar el título profesional de ingeniero civil). Trujillo: Universidad Cesar Vallejo, 2019.
- Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/43575>
30. RAM, Gupta. Hydrology and Hydraulic Systems [en línea]. 4.ºed, United States of America, Ram S. Gupta, 2017 [fecha de consulta: 01 de octubre de 2020].
- Disponible en: <https://www.amazon.com/Hydrology-Hydraulic-Systems-Ram-Gupta/dp/1577664558>

ISBN 13: 978-1-4786-3091-3

31. RAVINDRANATH, Arun y DEVINENI, Naresh. Journal of hydrology [en línea]. Vol. 582, 2020 [fecha de consulta: 16 de octubre del 2020].

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169419311588?via%3Dihub>

ISSN: 0022 - 1694

32. ROSADO, Gabriel. Metodología para el diseño de canales escalonados, disipadores de energía, empleados en drenaje urbano, basada en modelación física. Tesis (optar el título de magister en ingeniería – recursos hidráulicos).

Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2017.

Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/63088>

33. TALAAT, ElGamal, MOHAMED, ElFetyany y GAMAL, ElKassar. Alexandria Engineering Journal [en línea]. vol. 58, N°4, 2019. [fecha de consulta: 17 de septiembre de 2020].

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016819301085?via%3Dihub>

ISSN: 1110-0168

34. TIANXIAO, Li [et al]. WATER [en línea]. Vol.10, n.º8, 2018. [fecha de consulta: 17 de octubre del 2020].

Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4441/10/8/1101>

ISSN: 2073 - 4441

35. VILLON, Maximo. Hidraulica de canales [en línea]. 2.ºed. Perú: ediciones Villon, octubre del 2007 [fecha de consulta: 30 de septiembre del 2020].

Disponible en:

<file:///C:/Users/usuario/Desktop/MARCO%20TEORICO%20DE%20LA%20VARIABLE/Maximo%20Villon%20Vejar.pdf>

ISBN: 99778-66-081-6

36. WEIZHEN, Wang [et al]. WATER [en línea]. Vol.11, n.º9, 2019. [fecha de consulta: 17 de octubre del 2020].

Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/9/1788>

ISSN: 2073 - 4441

37. wunderlich, Nancy [*et al*]. Journal of business research [en línea]. Vol. 116, 2020. [fecha de consulta: 17 de octubre del 2020].

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0148296319304448?via%3Dihub>

ISSN: 0148 - 2963

38. ZHANFENG, Song [*et al*]. Journal of surveying Engineering [en línea]. Vol. 144, n.º 4, 2018. [fecha de consulta: 17 de octubre del 2020].

Disponible en:

<https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29SU.1943-5428.0000262>

ISSN (en línea): 1943 – 5428

39. ZHANG, Xi [*et al*]. SOIL science [en línea]. Vol. 184, n.º3, 2019. [fecha de consulta: 16 de octubre del 2020].

Disponible en:

https://journals.lww.com/soilsci/Abstract/2019/06000/Estimating_Soil_Hydraulic_Conductivity_at_the.5.aspx

ISSN en línea: 1538 - 9243

40. ZURITA, Julio. Diseño del Canal de Riego para mejorar la Producción Agrícola en el Sector Shupishiña, Morales, San Martín. Tesis (optar el título profesional de ingeniero civil).

Tarapoto: Universidad Cesar Vallejo, 2019.

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/28791>

ANEXOS

ANEXO 1

Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
Diseño del sistema de riego	Son estructuras artificiales construidas o desarrolladas por los seres humanos, el hecho de ser canales abiertos tiene la superficie libre en el cual el líquido está en contacto con la atmósfera (Castellanos, Collazos, Farfán y	El presente proyecto se desarrollará en base al manual de obras hidráulicas del (ANA) en el cual se cumplirá con todos los métodos y procesos de datos necesarios correspondiente a los estudios de levantamiento topográfico, estudio de mecánica de	Levantamiento topográfico	Trazo longitudinal (m)	Razón
				Perfil longitudinal (km)	Razón
				Secciones transversales (m ³)	Razón
			Estudio de mecánica de suelos	Granulometría (%)	Razón
				SUCS y ASSHTO (%)	Razón
				Contenido de humedad (%)	Razón
				Límites de consistencia (%)	Razón
			Estudio hidrológico	Cuenca (km ²)	Razón
				Caudal (m ³ /s)	Razón
				Intensidad de precipitación (mm/h)	Razón
	Alineamiento (m)	Razón			

	Meléndez, 2017).	suelos, estudio hidrológico y el diseño geométrico. De modo que se elabore un proyecto útil en la sociedad.	Diseño geométrico	Perfil longitudinal (km)	Razón
				Tirante de agua (m)	Razón
				Ancho de solera (m)	Razón
				Espejo de agua (m)	Razón
				Talud (m)	Razón
				Revestimiento del canal	razón

Anexo 2

Guía de observación de campo de levantamiento topográfico				
Autores: López Quijano jhoel, Domínguez Henríquez Maritza				
BM	PROGRESIVA	NORTE	ESTE	COTA
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				

Anexo 6

Matriz de contingencia

Título	Formulación del problema de investigación	hipótesis	variables	dimensiones	Objetivos de investigación
<p>“Diseño del sistema de riego Tumacyacu, anexo de Miraflores, distrito de Chillia, Pataz, La Libertad - 2021”</p>	<p>¿Qué características tendría el diseño del sistema de riego Tumacyacu en el anexo de Miraflores del distrito de Chillia de la provincia de Pataz del departamento de La Libertad - 2021?</p>	<p>Las características del diseño del sistema de riego Tumacyacu, anexo de Miraflores, distrito de Chillia, Pataz, La Libertad - 2021, cumple los parámetros establecidos en el manual de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y con los estándares</p>	<p>Diseño del canal de riego</p>	<p>Levantamiento topográfico Estudio de mecánica de suelos Estudio hidrológico Diseño geométrico</p>	<p>OBJETIVO GENERAL: Diseñar el sistema de riego Tumacyacu, anexo de Miraflores, distrito de Chillia, Pataz, La Libertad – 2021. OBJETIVOS ESPECÍFICOS: Realizar el levantamiento topográfico del sistema de riego Tumacyacu, para modelar el terreno mediante curvas de nivel. Realizar el estudio de mecánica de suelos del sistema de riego Tumacyacu.</p>

		normativos para este tipo de estructura.			Realizar el estudio hidrológico del sistema de riego Tumacyacu. Realizar el diseño geométrico del sistema de riego Tumacyacu.
--	--	--	--	--	---

Tipo de investigación	Diseño de investigación	problema	muestra	Técnicas de recolección	Instrumento de recolección
Aplicada Transversal Descriptiva	No Experimental, descriptivo Simple. M-----O donde: M: una longitud de terreno de 5km, desde la vertiente Tumacyacu con coordenadas (E:	La población de estudio está conformada por el área de influencia del proyecto que lo comprende el anexo Miraflores en el distrito de chillia de la provincia de Pataz del	La muestra está conformada por una longitud del terreno de 5 km, desde la vertiente Tumacyacu con coordenadas (E: 226618 N: 9098718 Z: 3886) hasta el anexo Miraflores del distrito	a). La técnica de la observación. b). Análisis documental.	a). Guía de observación de campo. b). Guía de laboratorio. c). ficha de registro.

	226618 N: 9098718 Z: 3886) hasta el anexo Miraflores. O: toma de datos topográfico s, suelos, hidrológicos .	departamen to La Libertad.	de Chillia de la provincia de Pataz del departamen to La Libertad.		
--	--	----------------------------------	--	--	--



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, FARFAN CORDOVA MARLON GASTON, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO TUMACYACU, ANEXO DE MIRAFLORES, DISTRITO DE CHILLIA, PATAZ, LA LIBERTAD - 2021", cuyos autores son DOMINGUEZ HENRIQUEZ MARIELA MARITZA, LOPEZ QUIJANO JHOEL, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado 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 César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 22 de Julio del 2021

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
FARFAN CORDOVA MARLON GASTON DNI: 03371691 ORCID 0000-0001-9295-5557	Firmado digitalmente por: MFARFANC el 22-07- 2021 18:31:39

Código documento Trilce: TRI - 0142861