

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**“EVALUACIÓN Y DISEÑO DEL CANAL INTEGRADOR SANTA SAN  
BARTOLO PARA MEJORAR EL SERVICIO DE AGUA PARA RIEGO”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÍCOLA**

**CHRISTIAN XAVIER ASCENCIO DIAZ**

**LIMA – PERÚ**

**2021**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**“EVALUACIÓN Y DISEÑO DEL CANAL INTEGRADOR SANTA SAN  
BARTOLO PARA MEJORAR EL SERVICIO DE AGUA PARA RIEGO”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TITULO DE:

**INGENIERO AGRÍCOLA**

Presentado por:

**BACH. CHRISTIAN XAVIER ASCENCIO DIAZ**

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

Mg. Sc. MIGUEL ÁNGEL SÁNCHEZ DELGADO  
Presidente

Mestre JORGE LUIS DÍAZ RIMARACHIN  
Miembro

Dr. ISSAAK RAFAÉL VÁSQUEZ ROMERO  
Miembro

Dr. EUSEBIO MERCEDES INGOL BLANCO  
Asesor

LIMA – PERU

2021

## ÍNDICE GENERAL

I. PRESENTACIÓN .....	1
II. INTRODUCCIÓN.....	3
III. OBJETIVOS.....	5
3.1. Objetivo general.....	5
3.2. Objetivos específicos .....	5
IV. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	6
4.1. Demanda hídrica .....	6
4.1.1. Evapotranspiración .....	6
4.1.2. Evapotranspiración del cultivo .....	6
4.1.3. Precipitación efectiva .....	7
4.1.4. Demanda de agua del proyecto.....	7
4.2. Eficiencia de riego .....	8
4.3. Balance hídrico .....	9
4.4. Canales.....	9
4.4.1. Secciones transversales.....	9
4.4.2. Relaciones geométricas de las secciones transversales .....	9
4.4.3. Flujos en canales abiertos .....	10
4.5. Consideraciones básicas en el diseño de canales .....	11
4.5.1. Radio mínimo en canales.....	11
4.5.2. Rasante de un canal .....	12
4.6. Diseño de secciones hidráulicas .....	13
4.6.1. Rugosidad .....	14
4.6.2. Talud apropiado según el tipo de material .....	15
4.6.3. Velocidades permisibles .....	16
4.6.4. Borde libre .....	16
4.6.5. Criterios de espesor de revestimiento .....	17

4.7.	Modelamiento hidráulico con HEC-RAS .....	18
4.7.1.	Modelo matemático .....	18
4.7.2.	Modelación con HEC - RAS .....	18
4.8.	Modelamiento visual 3D.....	18
V.	CUERPO DEL TRABAJO.....	19
5.1.	Descripción del área de estudio .....	19
5.1.1.	Ubicación.....	19
5.1.2.	Extensión .....	20
5.1.3.	Accesibilidad .....	20
5.1.4.	Clima .....	21
5.2.	Evaluación de la infraestructura de riego actual .....	21
5.3.	Planteamiento y alternativa de solución .....	32
5.4.	Metodología.....	35
5.4.1.	Evaluación topográfica .....	37
5.4.2.	Evaluación geológica.....	41
5.4.3.	Evaluación geotécnica .....	45
5.4.4.	Evaluación hidrológica .....	51
5.4.5.	Diseño hidráulico.....	57
5.4.6.	Modelamiento hidráulico con HEC-RAS.....	70
5.4.7.	Modelamiento visual 3D .....	74
5.5.	Resultados .....	76
5.5.1.	Resultados topográficos de gabinete .....	76
5.5.2.	Resultado de ensayos geotécnicos.....	80
5.5.3.	Resultado de análisis de agua .....	82
5.5.4.	Dotación hídrica .....	83
5.5.5.	Demanda de agua para riego .....	84
5.5.6.	Balance hídrico .....	88

5.5.7.	Diseño hidráulico del canal sin revestir.....	89
5.5.8.	Diseño hidráulico del dren partidor.....	90
5.5.9.	Tramos a reponer.....	91
5.5.10.	Tramos a rellenar.....	92
5.5.11.	Resultado del modelamiento con HEC-RAS.....	94
5.5.12.	Resultado de la modelación visual 3D.....	95
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	97
6.1.	Conclusiones.....	97
6.2.	Recomendaciones.....	98
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
VIII.	ANEXOS.....	101
8.1.	Plano general del estudio.....	101

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valores de eficiencias de sistema de riego.....	8
Tabla 2: Radio mínimo en función al caudal.....	11
Tabla 3: Radio mínimo en canales abierto para $Q < 20 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	12
Tabla 4: Radio mínimo en canales abierto en función del espejo de agua.....	12
Tabla 5: Valores de rugosidad $n$ de Manning.....	14
Tabla 6: Taludes apropiados para distintos tipos de material.....	15
Tabla 7: Taludes apropiados para distintos tipos de material.....	15
Tabla 8: Borde libre en función del caudal.....	17
Tabla 9: Borde libre en función de la plantilla del canal.....	17
Tabla 10: Ubicación geográfica del área de estudio.....	19
Tabla 11: Infraestructura actual del canal Integrador Santa San Bartolo .....	21
Tabla 12: Descripción del canal sin revestir.....	28
Tabla 13: Descripción del dren partidior .....	28
Tabla 14: Descripción de los 24 tramos .....	29
Tabla 15: Descripción de los 19 paños.....	30
Tabla 16: Ubicación de los puntos de control BMs .....	38
Tabla 17: Ubicación de calicatas para el estudio de suelos.....	46
Tabla 18: Valores de parámetros recomendables del agua para riego .....	53
Tabla 19: Ubicación de la estación meteorológica Puente Carretera .....	55
Tabla 20: Coeficientes de los cultivos.....	55
Tabla 21: Calendario referencia de los cultivos principales del proyecto.....	56
Tabla 22: Resultados de ensayo de laboratorio .....	80
Tabla 23: Parámetros geotécnicos de suelos .....	81
Tabla 24: Resultados de carga admisible .....	81
Tabla 25: Resultado de análisis de agua.....	82
Tabla 26: Dotación hídrica .....	83
Tabla 27: Demanda de agua para riego en el cultivo de arroz con proyecto.....	84
Tabla 28: Demanda de agua para riego en el cultivo de trigo con proyecto .....	85
Tabla 29: Demanda de agua para riego en el cultivo de cebada con proyecto.....	85
Tabla 30: Demanda de agua para riego en el cultivo de caña con proyecto.....	85
Tabla 31: Demanda de agua para riego en el cultivo de maíz con proyecto .....	86

Tabla 32: Demanda de agua para riego en el cultivo de papa con proyecto .....	86
Tabla 33: Demanda de agua para riego en el cultivo de rotación maíz con proyecto .....	86
Tabla 34: Demanda de agua para riego en el cultivo de rotación papa con proyecto .....	87
Tabla 35: Caudal de demanda del área de estudio.....	87
Tabla 36: Balance hídrico entre el volumen ofertado de la cuenca y la demanda de agua en MMC .....	88
Tabla 37: Balance hídrico entre la dotación de agua y la demanda de agua .....	88
Tabla 38: Volumen de relleno para el socavamiento en la margen derecha del canal .....	93
Tabla 39: Volumen de relleno para el socavamiento en la margen izquierda del canal.....	93

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Secciones de canales y sus características .....	10
Figura 2: Sección típica de un canal .....	13
Figura 3: Mapa de ubicación política del área de estudio .....	20
Figura 4: Puente peatonal ubicado en la progresiva Km. 4+602.36.....	23
Figura 5: Caída inclinada ubicado en la progresiva Km. 6+224.63 .....	23
Figura 6: Puente vehicular ubicado en la progresiva Km. 6+414.12 .....	24
Figura 7: Desagüe ubicado en la progresiva Km. 5+589.95 .....	24
Figura 8: Acueducto ubicado en la progresiva Km. 8+340.....	25
Figura 9: Tramo de canal destruido .....	26
Figura 10: Tramo de canal sin revestir .....	26
Figura 11: Paño de canal socavado.....	27
Figura 12: Dren partidore ubicado en la progresiva Km. 7+934.....	27
Figura 13: Coordinaciones previas con los involucrados al inicio del estudio .....	31
Figura 14: Sección típica del canal Integrador Santa San Bartolo .....	32
Figura 15: Vista aérea del área de estudio .....	37
Figura 16: BM – 01 monumentado en la zona de estudio .....	39
Figura 17: Equipo topográfico utilizado (Gps Leica GS15) .....	39
Figura 18: Levantamiento topográfico con gps diferencial en el borde del canal.....	40
Figura 19: Levantamiento topográfico con gps diferencial en la base del canal.....	40
Figura 20: Vista de los cerros costeros en la margen derecha del canal .....	44
Figura 21: Vista de quebradas en los afloramientos volcánicos en la margen derecha del Río Santa .....	44
Figura 22: Vista de acumulaciones eólicas a la margen izquierda del Río Santa .....	45
Figura 23: Deslizamiento del talud en el tramo del canal sin revestir.....	45
Figura 24: Calicata N° 1, profundidad 1.50 m. y ubicado en el Km. 7+125 .....	47
Figura 25: Calicata N° 2, profundidad 0.80m. y ubicado en el Km. 7+326 .....	47
Figura 26: Calicata N° 3, profundidad 1.50 m. y ubicado en el Km. 7+947 .....	48
Figura 27: Calicata N° 4, profundidad 1.50 m. y ubicado en el Km. 7+948 .....	48
Figura 28: Cuenca del Río Santa .....	51
Figura 29: Esquema hidráulico.....	54
Figura 30: Sección definitiva del tramo del canal a revestir .....	59



Figura 31: Detalle de junta de dilatación 1 pulgada .....	59
Figura 32: Vista de planta del canal dren partidor.....	60
Figura 33: Sección definitiva del tramo del canal a revestir .....	62
Figura 34: Detalle de junta de dilatación 1 pulgada .....	62
Figura 35: Vista de planta del empalme entre el canal y el dren partidor .....	63
Figura 36: Vista isométrica de la compuerta del dren partidor .....	63
Figura 37: Vista de planta de tramos a reponer .....	64
Figura 38: Sección de los tramos a reponer con refuerzo en la base.....	66
Figura 39: Sección de los tramos a reponer sin refuerzo en la base.....	66
Figura 40: Detalle de junta de dilatación 2 pulgadas.....	67
Figura 41: Junta de contracción a reponer en tramos no intervenidos .....	69
Figura 42: Sección típica del camino a habilitar .....	69
Figura 43: Exportación de las secciones de AutoCad Civil 3D al HEC-RAS .....	70
Figura 44: Creación del proyecto en HEC-RAS .....	71
Figura 45: Importación de la data geométrica .....	71
Figura 46: Ingreso del coeficiente de Manning .....	72
Figura 47: Ingreso del caudal de diseño y la pendiente.....	72
Figura 48: Creación del plan para computarizar la data.....	73
Figura 49: Utilización del software AutoCad Civil 3D para el modelamiento visual 3D... 74	74
Figura 50: Utilización del software Revit para el modelamiento visual 3D .....	74
Figura 51: Utilización del software Sketchup para el modelamiento visual 3D .....	75
Figura 52: Utilización del software Lumion para el modelamiento visual 3D .....	75
Figura 53: Procesamiento de puntos mediante el software autocad civil 3d.....	76
Figura 54: Vista de planta de las curvas de nivel del canal existente.....	77
Figura 55: Vista de la sección transversal del canal existente.....	77
Figura 56: Vista tridimensional del terreno natural.....	78
Figura 57: Vista aérea del dren partidor .....	78
Figura 58: Vista de planta de las curvas de nivel del dren partidor.....	79
Figura 59: Vista de la sección transversal del dren partidor.....	79
Figura 60: Balance hídrico entre el volumen ofertado y la demanda de agua.....	88
Figura 61: Balance hídrico entre la dotación de agua y la demanda de agua.....	89
Figura 62: Sección típica del canal existente en vista 3D .....	92
Figura 63: Esquema de paño socavado en la margen derecha del canal .....	92
Figura 64: Esquema de paño socavado en la margen izquierda del canal.....	93

Figura 65: Vista tridimensional del canal sin desbordes .....	94
Figura 66: Sección transversal donde se observa que no existe desborde .....	94
Figura 67: Modelamiento visual en 3D del dren partidor con proyecto.....	95
Figura 68: Modelamiento visual en 3D del dren partidor con proyecto.....	95
Figura 69: Modelamiento visual en 3D del canal Integrador Santa San Bartolo con proyecto .....	96

## **I. PRESENTACIÓN**

En el Perú, la agricultura es una de las actividades más importantes en los pobladores rurales. Para lograr dicha actividad de manera eficiente es fundamental y necesario tener una infraestructura de riego en óptimas condiciones, de igual importancia, tener una adecuada gestión del manejo, operación y mantenimiento de la infraestructura por parte de los usuarios.

El agua para riego escasea y la demanda por el mismo, aumenta. Esto obligando a los agricultores a requerir infraestructuras de riego que permitan conducir y aplicar eficientemente el agua para riego, para abastecer más áreas de riego, por consiguiente, aumentar la productividad agrícola, lo cual permitirá mejorar la rentabilidad del agro y elevar los estándares de vida de los agricultores.

Por lo expuesto líneas arriba, las funciones desempeñadas después de haber egresado están relacionadas con la elaboración de estudios de proyectos con fines de riego, las cuales, se han desarrollado en diferentes centros laborales.

Cabe indicar que se ha participado en varios estudios de proyectos con fines de riego, los cuales permitieron tener mayor experiencia y poder aplicar en el campo lo aprendido académicamente, a continuación, se menciona los proyectos más relevantes:

- Mejoramiento y Ampliación del servicio de agua para el sistema de riego en los distritos de Pancan, San Pedro de Chunan y Yauli de la Provincia de Jauja, región Junín.
- Rehabilitación del servicio de agua para riego del sector Malingas, Distrito de tambo grande, provincia de Piura, Departamento de Piura.
- Rehabilitación del servicio de agua para riego del canal Integrador Santa San Bartolo, Rinconada Alta, distrito de Chimbote, provincia del Santa, departamento de Ancash.
- Mejoramiento y ampliación del servicio de agua para riego en los sectores de Acas, provincia de Ocros, Región Ancash.

- Mejoramiento y ampliación del canal de Chilpakay, distrito de Chichas, provincia de Condesuyos, región Arequipa.
- Recuperación de los Servicios Ecosistémicos de Regulación Hídrica de la Microcuenca de Huitama, distrito de San Pedro de Casta, provincia de Huarochirí.
- Mejoramiento y ampliación del sistema de riego en las localidades de Pampamarca Baja, Mayobamba, Urpaypampa, Picha, Vinchos y Barrio Huananpampa de los centros poblados de Vinchos y Anchachuasi del distrito de Vinchos, Provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.

Las funciones desempeñadas vinculadas a los campos temáticos de la carrera profesional fueron, realizar levantamientos topográficos, construcción de BMs, tomar muestras de calicatas para ensayos geotécnicos, mediciones de aforo de caudal con diferentes métodos, inventario de las estructuras existentes (situación actual y demás características), realizar charlas con las organizaciones de usuarios, diseñar estructuras hidráulicas (bocatomas, canales de riego y obras de arte), modelamiento bidimensional de las estructuras diseñadas, elaborar planos a nivel constructivo, realizar metrados y el presupuesto del proyecto, elaboración de estudios hidráulicos, hidrológicos y topográficos.

Asimismo, se resalta que lo mencionado en el párrafo anterior se vincula con los temas de la carrera de Ingeniería Agrícola, por consiguiente, se aplicaron los conocimientos académicos adquiridos y aprendidos en: topografía, dibujo de ingeniería, geología y geotecnia, ingeniería de riegos, hidráulica, hidrología, estructuras hidráulicas, programación y supervisión de obras, concreto reforzado, proyectos de inversión.

Finalmente, el presente trabajo monográfico de suficiencia profesional está basado en el estudio del proyecto “Rehabilitación del Servicio de Agua para Riego del Canal Integrador Santa San Bartolo Rinconada Alta, Distrito de Chimbote, Provincia de Santa, Departamento de Ancash”, elaborado por ADGE SERVICIOS GENERALES S.A.C, empresa en la cual laboré entre los años 2018 – 2019.

## II. INTRODUCCIÓN

En el año 2017, un fenómeno climático conocido como “El Niño Costero” provocó uno de los mayores desastres naturales en el Perú, perjudicando muchos sectores a nivel nacional, entre ellos el sector agricultura, según el reporte del INDECI (07 de agosto del 2017) los daños producidos por dicho fenómeno en el sector agricultura son: pérdida de 50 154 hectáreas de cultivo, 107 827 hectáreas de cultivos afectados, 22 674 kilómetros de canales de riego destruidos y 49 479 kilómetros de canales de riego afectados.

La localidad de la Rinconada Huaca perteneciente al distrito de Chimbote no fue ajeno a “El Niño Costero”, por lo que, se necesitaba rehabilitar de manera inmediata la estructura de riego dañada perteneciente a la zona, pues se encontraba en estado ineficiente, es por ello, que se realizó la elaboración del expediente técnico denominado “Rehabilitación Del Servicio De Agua Para Riego Del Canal Integrador Santa San Bartolo, Rinconada Alta, Distrito De Chimbote, Provincia Santa, Departamento De Ancash” para que posteriormente pueda ser ejecutada.

La población afectada fue la localidad de la Rinconada Huaca siendo un total de 4500 habitantes perjudicados y 1600.45 hectáreas de cultivo dañadas, los principales cultivos de la cedula para el plan de la campaña 2018 – 2019 fueron, el algodón rama, marigold, maíz amarillo duro y el arroz cascara. La zona del proyecto está ubicada en la Región de Ancash, provincial de Santa, distrito de Chimbote, Administrativamente se encuentra ubicado en la AAA (Autoridad Administrativa del Agua de Chimbote), ALA (Administración Local del Agua de Santa Lacramarca Nepeña).

Para lograr cumplir con la demanda de agua de los cultivos mencionados líneas arriba, se debe derivar a través de la bocatoma existente un caudal de 3.0 m<sup>3</sup>/s de agua hacia el canal Integrador Santa San Bartolo. Debido, a ello surgió la principal problemática, dicho canal se encuentra en pésimas condiciones para lograr conducir determinado caudal, originándose pérdidas por infiltración, desbordes y aniegos, con una eficiencia de conducción muy baja.

El canal Integrador Santa San Bartolo inicia en la progresiva Km. 4+283 hasta la progresiva Km. 9+347, tiene una longitud total de 5.064 kilómetros, sección trapezoidal de concreto simple, el cual ha sido afectado en varios tramos, además, desde la progresiva Km. 6+983 hasta la progresiva Km. 8+037 tiene una longitud de 1.054 kilómetros sin revestir, asimismo, en la progresiva Km. 7+934 se ubica un canal dren que se encuentra en condiciones desfavorables.

La alternativa de solución que se planteó fue: el mejoramiento de la infraestructura de riego en su totalidad desde la progresiva Km. 4+283 hasta la progresiva Km. 9+347, esto incluye la demolición, construcción, revestimiento, estabilización y rehabilitación de la infraestructura hidráulica.

## **III. OBJETIVOS**

### **3.1. Objetivo general**

Evaluar y diseñar el Canal Integrador Santa San Bartolo para mejorar el servicio de agua para riego.

### **3.2. Objetivos específicos**

- Evaluar la situación actual de la infraestructura de riego en estudio.
- Evaluar la topografía del canal Integrador Santa San Bartolo para realizar los trabajos de ingeniería.
- Evaluar el balance hídrico en el sector de riego.
- Desarrollar los diseños hidráulicos, criterios técnicos del canal y las estructuras hidráulicas involucradas.
- Validar el diseño hidráulico del canal Integrador Santa San Bartolo utilizando el software HEC –RAS.

## **IV. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1. Demanda hídrica**

#### **4.1.1. Evapotranspiración**

La evapotranspiración, según el documento de la FAO 56 “Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos” (Allen et al. ,2006) la evapotranspiración se compone por dos procesos, los cuales la evaporación es la pérdida de agua que se da en la superficie y la transpiración es la pérdida de agua mediante el cultivo.

De manera práctica la evaporación y la transpiración son procesos que se realizan en la naturaleza de forma simultánea, y es difícil tener la medición de ellas por separado, el cálculo de la evapotranspiración es fundamental para la estimación de la demanda de riego.

La evapotranspiración se expresa normalmente en milímetros por unidad de tiempo. Esta unidad expresa la cantidad de agua perdida de una superficie cultivada en unidades de altura de agua. La unidad de tiempo puede ser una hora, día, mes o incluso un completo periodo de cultivo (Allen et al. ,2006).

#### **4.1.2. Evapotranspiración del cultivo**

Para determinar la evapotranspiración del cultivo (ETc), este va relacionado con el tipo de cultivo el cual consta de un coeficiente (Kc); el producto de la evapotranspiración de referencia con el coeficiente del cultivo dará resultado la evapotranspiración del cultivo en consideración.

$$ETc = ETo * Kc$$

Donde:

ETc: evapotranspiración del cultivo (mm / día)

ETo: evapotranspiración del cultivo de referencia (mm / día)

Kc: coeficiente del cultivo (adimensional)



#### **4.1.3. Precipitación efectiva**

La precipitación efectiva es una parte del volumen de lluvia total utilizado por las plantas para satisfacer sus correspondientes necesidades hídricas para su normal desarrollo (Vásquez, A., 1992), la precipitación la podemos considerar como una disponibilidad de recurso hídrico. La precipitación efectiva se ha calculado con el software Cropwat método FAO.

#### **4.1.4. Demanda de agua del proyecto**

La evapotranspiración es la cantidad de agua que requiere la planta para satisfacer sus necesidades fisiológicas. Sin embargo, dentro de su ambiente, la planta no se encuentra aislada, sino que forma parte de un microsistema, sujeto a entradas y salidas, por lo tanto, susceptible de efectuar un balance hídrico (Vásquez, A. 1992).

$$Da = ETc - Pe$$

Donde:

Da: necesidad de riego o demanda de agua de los cultivos para el periodo considerado

ETc: evapotranspiración del cultivo

Pe: precipitación efectiva

La demanda de agua del proyecto será igual a la necesidad de riego del cultivo dividida por la eficiencia de riego del proyecto.

$$Dp = Da / Efr$$

Dp: demanda de agua del proyecto

Da: necesidad de riego o demanda de agua de los cultivos para el periodo considerado

Efr: eficiencia de riego

## 4.2. Eficiencia de riego

La eficiencia de un sistema de riego es la relación que existe entre la cantidad de agua que necesita el cultivo y la cantidad de agua que suministra la bocatoma, el agua es conducida a través de un canal principal y luego derivada por canales de distribución para finalmente ser derivada el agua a nivel de parcela para algún cultivo del productor agrario, así lo menciona el “Manual del cálculo de eficiencia para sistemas de riego” (DGIAR, 2015).

La eficiencia de riego está compuesta por (a) eficiencia de conducción en el canal principal, (b) eficiencia de distribución en los canales laterales y (c) eficiencia de aplicación a nivel parcela, el producto de estas tres eficiencias dará como resultado la eficiencia de riego de un sistema.

$$E_{fr} = E_{fc} * E_{fd} * E_{fa}$$

Donde:

$E_{fr}$ : eficiencia de riego de un sistema

$E_{fc}$ : eficiencia de conducción

$E_{fd}$ : eficiencia de distribución

$E_{fa}$ : eficiencia de aplicación

En la tabla 1, se muestra los valores de eficiencia de riego, para el caso del presente estudio se opta por la eficiencia de riego por gravedad de 0.41, se asume este valor considerando al canal revestido ya con proyecto.

**Tabla 1: Valores de eficiencias de sistema de riego**

Eficiencia de sistemas de riego	
Eficiencia de riego por gravedad:	0.40 - 0.50
Eficiencia de riego por aspersión:	0.55 - 0.70
Eficiencia de riego por goteo:	0.80 - 0.90

Fuente: DGIAR, 2015

### **4.3. Balance hídrico**

La evapotranspiración actual o real, es la cantidad de agua que requiere la planta para satisfacer sus necesidades fisiológicas. Sin embargo, dentro de su ambiente, la planta no se encuentra aislada, sino que forma parte de un microsistema, sujeto a entradas y salidas y, por lo tanto, susceptible de efectuar un balance hídrico, en el que las entradas están dadas por todos los aportes hídricos al suelo y la salida por el proceso de agotamiento de la humedad del suelo, ocasionado por la evapotranspiración actual (Vásquez, A. 1992).

### **4.4. Canales**

Según (Villón, M. 1995), los canales son conductos en los que el agua circula debido a la acción de gravedad y sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmosfera.

Los canales pueden ser naturales (ríos y arroyos) o artificiales (construidos por el hombre). Dentro de estos últimos, pueden incluirse aquellos conductos cerrados que trabajan parcialmente llenos (alcantarillas, tuberías).

#### **4.4.1. Secciones transversales**

Según (Villón, M. 1995), la sección transversal de un canal natural es generalmente de forma muy irregular y varía de un lugar a otro. Los canales artificiales, usualmente se diseñan con formas geométricas regulares (prismáticos), los más comunes son los siguientes:

Sección trapezoidal, se usa siempre en canales de tierra y en canales revestidos.

Sección rectangular, se emplea para acueductos de madera, para canales excavados en roca y para canales revestidos.

Sección triangular, se usa para cunetas revestidas en las carreteras, también en canales de tierra pequeños, fundamentalmente por facilidad de trazo, por ejemplo, los surcos.

Sección parabólica, se emplea a veces para canales revestidos y es la forma que toman aproximadamente muchos canales naturales y canales viejos de tierra.

#### **4.4.2. Relaciones geométricas de las secciones transversales**

En la figura 1, se presenta un resumen de las relaciones geométricas de las secciones transversales más frecuentes.

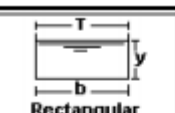

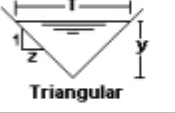
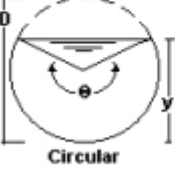

Sección	Area Hidraulica A	Perimetro mojado P	radio hidraulico R	Espejo de agua T
 Rectangular	$by$	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	$b$
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+Z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+Z^2}}$	$b+2zy$
 Triangular	$zy^2$	$2y\sqrt{1+Z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+Z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$\frac{(1 - \text{sen}\theta) D}{\theta 4}$	$\frac{(\text{sen}\theta)D}{2}$
 Parabólica	$\frac{2}{3}Ty$	$\frac{T+8y^2}{3T}$	$\frac{2YT^2}{3T+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Figura 1: Secciones de canales y sus características  
 Fuente: Hidráulica de canales (Villón, M)

#### 4.4.3. Flujos en canales abiertos

En forma explícita, se describe los tipos de flujos (Villón, M. 1995).

Flujo permanente; en una sección del canal el tirante, velocidad, etc., permanecen constante en cualquier instante del tiempo.

Flujo no permanente; si el tirante, velocidad, etc., no permanecen constante con respecto al tiempo.

Flujo uniforme; a lo largo del canal el tirante, velocidad, etc., permanecen constante con respecto al espacio, es decir en cualquier sección del canal.

Flujo variado; si el tirante, la velocidad, etc., no permanecen constante en cualquier sección del canal, a la vez, el flujo variado se puede clasificar en gradual y rápidamente variado.

Flujo crítico, subcrítico y supercrítico; el flujo en un canal puede ser crítico, subcrítico o supercrítico.

El flujo crítico, se da cuando la energía específica es mínima, el número de Froude (Fr) es igual a 1. Entre tanto, el flujo subcrítico, se presenta con velocidades medias bajas.

En una sección cualquiera del canal el flujo está afectado por las condiciones aguas abajo y el número de Froude correspondiente es menor a 1. Asimismo, el flujo supercrítico, se da con velocidades medias altas. En una sección cualquiera del canal el flujo está afectado por las condiciones aguas arriba del canal y el número de Froude correspondientes es mayor a 1 (Chow, V. 1994).

#### 4.5. Consideraciones básicas en el diseño de canales

Se tomó en cuenta el manual “Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico” de la Autoridad Nacional del Agua.

##### 4.5.1. Radio mínimo en canales

En el diseño de canales se debe tener en cuenta el cambio brusco de la dirección del canal ya que es necesario que éste se sustituya por una curva, cuyo radio no debe ser muy grande y se debe escoger un radio mínimo. Una de las desventajas de tener radios muy grandes es la elevación de costo del proyecto al darle mayor longitud o mayor desarrollo.

La tabla 2,3 y 4, indican los radios mínimos según el criterio indicado en cada tabla.

**Tabla 2: Radio mínimo en función al caudal**

Capacidad del canal	Radio mínimo
Hasta 10 m <sup>3</sup> /s	3 * ancho de la base
De 10 a 14 m <sup>3</sup> /s	4 * ancho de la base
De 14 a 17 m <sup>3</sup> /s	5 * ancho de la base
De 17 a 20 m <sup>3</sup> /s	6 * ancho de la base
De 20 m <sup>3</sup> /s a mayor	7 * ancho de la base

Los radios mínimos deben ser redondeados hasta el próximo metro superior

Fuente: Internacional Institute For Land Reclamation And Improvement (ILRI), 1978

**Tabla 3: Radio mínimo en canales abierto para  $Q < 20 \text{ m}^3/\text{s}$** 

Capacidad del canal	Radio mínimo
20 m <sup>3</sup> /s	100 m
15 m <sup>3</sup> /s	80 m
10 m <sup>3</sup> /s	60 m
5 m <sup>3</sup> /s	20 m
1 m <sup>3</sup> /s	10 m
0.5 m <sup>3</sup> /s	5 m

Fuente: Ministerio de Agricultura y Alimentación (1978)

**Tabla 4: Radio mínimo en canales abierto en función del espejo de agua**

Canal de riego		Canal de drenaje	
Tipo	Radio	Tipo	Radio
Sub-canal	4T	Colector principal	5T
Lateral	3T	Colector	5T
Sub-lateral	3T	Sub-colector	5T

Siendo T el ancho superior del espejo de agua

Fuente Salzgitter Consult GMBH (1984)

#### 4.5.2. Rasante de un canal

Una vez definido el trazo del canal, la rasante del canal es aquella línea horizontal que va sobre la base del canal, la pendiente de la rasante, debe ser en lo posible igual a la pendiente natural promedio del terreno (optimizar el movimiento de tierras), cuando esta no es posible, debido a fuertes pendientes, se proyectan caídas o saltos de agua.

La sección típica de un canal se puede representar de la siguiente manera (ver figura 2):

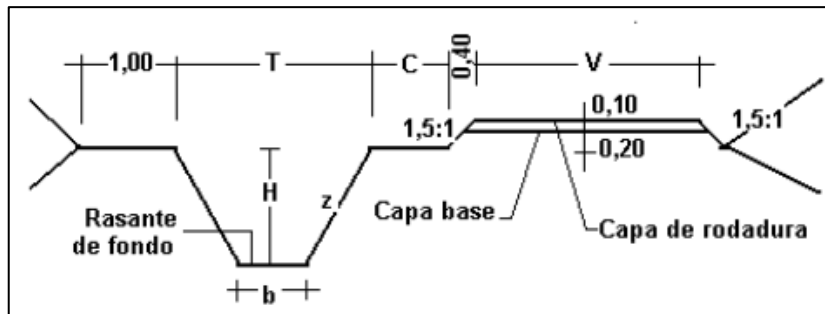


Figura 2: Sección típica de un canal

Donde:

T: Ancho superior del canal

b: Plantilla

Z: Valor horizontal de la inclinación del talud

C = Berma del camino, puede ser: 0,5; 0,75; 1,00 m., según el canal sea de tercer, segundo o primer orden respectivamente.

V = Ancho del camino de vigilancia, puede ser: 3; 4 y 6 m., según el canal sea de tercer, segundo o primer orden respectivamente.

H = Altura de caja o profundidad de rasante del canal.

En algunos casos el camino de vigilancia puede ir en ambos márgenes, según las necesidades del canal, igualmente la capa de rodadura de 0,10 m. a veces no será necesaria, dependiendo de la intensidad del tráfico

#### 4.6. Diseño de secciones hidráulicas

Se debe tener en cuenta ciertos factores, tales como: tipo de material del cuerpo del canal, coeficiente de rugosidad, velocidad máxima y mínima permitida, pendiente del canal, taludes, etc.

La ecuación más utilizada es la de Manning o Strickler, y su expresión es:

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

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

n: Rugosidad

A: Área (m<sup>2</sup>)

R: Radio hidráulico = Área de la sección húmeda / Perímetro húmedo

Esta fórmula es la que tiene mayor aceptación a nivel mundial para diseño.

#### 4.6.1. Rugosidad

Esta depende del cauce y el talud, dado a las paredes laterales del mismo, vegetación, irregularidad y trazado del canal, radio hidráulico y obstrucciones en el canal, generalmente cuando se diseñan canales en tierra se supone que el canal está recientemente abierto, limpio y con un trazado uniforme, sin embargo el valor de rugosidad inicialmente asumido difícilmente se conservará con el tiempo, lo que quiere decir que en la práctica constantemente se hará frente a un continuo cambio de la rugosidad.

En canales proyectados con revestimiento, la rugosidad es función del material usado, que puede ser de concreto, geomanta, tubería PVC, HDP ó metálica, o si van a trabajar a presión atmosférica o presurizados.

La siguiente tabla nos da valores de “n” estimados, estos valores pueden ser refutados con investigaciones y manuales, sin embargo, no dejan de ser una referencia para el diseño:

**Tabla 5: Valores de rugosidad n de Manning**

n	Superficie
0.010	Muy lisa, vidrio plástico, cobre.
0.011	Concreto muy liso
0.013	Madera suave, metal, concreto frotachado.
0.017	Canales de tierra en buenas condiciones.
0.020	Canales naturales de tierra, libres de vegetación.
0.025	Canales naturales con alguna vegetación y piedras esparcidas en el fondo
0.035	Canales naturales con abundante vegetación.
0.040	Arroyos de montaña con muchas piedras.



#### 4.6.2. Talud apropiado según el tipo de material

La inclinación de las paredes laterales de un canal, depende de varios factores, pero en especial de la clase de terreno donde están alojados, la U.S. Bureau of Reclamation recomienda un talud único de 1,5:1 para sus canales, a continuación, se presentan tablas de taludes apropiados para distintos tipos de material:

**Tabla 6: Taludes apropiados para distintos tipos de material**

Material	Talud (horizontal : vertical)
Roca	Prácticamente vertical
Suelos de turba y detritos	0.25:1
Arcilla compacta o tierra con recubrimiento de concreto	0.5:1 hasta 1:1
Tierra con recubrimiento de piedra o tierra en grandes canales	1:1
Arcilla firme o tierra en canales pequeños	1.5:1
Tierra arenosa suelta	2:1
Greda arenosa o arcilla porosa	3:1

Fuente: Aguirre “Hidráulica de canales”, CIDIAT (1974)

**Tabla 7: Taludes apropiados para distintos tipos de material**

Material	Canales poco profundos	Canales profundos
Roca en buenas condiciones	Vertical	0.25:1
Arcillas compactadas o conglomerados	0.5:1	1:1
Limos arcillosos	1:1	1.5:1
Limos arenosos	1.5:1	2:1
Arenas sueltas	2:1	3:1
Concreto	1:1	1.5:1

Fuente: Aguirre “Hidráulica de canales”, CIDIAT (1974)

#### **4.6.3. Velocidades permisibles**

Existen dos factores que limitan la velocidad del flujo en el trayecto por el canal, la erosión del lecho del canal y la sedimentación de partículas que transporta el agua. A la velocidad que no llega a erosionar las paredes ni el fondo del canal, se le denomina velocidad máxima permisible y aquella que no permite la sedimentación de los materiales que transporta el agua se le denomina velocidad mínima permisible.

La velocidad mínima permisible es la menor velocidad que impide que se inicie la sedimentación en el canal y a la vez no permite el crecimiento de plantas acuáticas o musgo.

El valor de 0.8 m/seg se considera como la velocidad apropiada que no permite sedimentación y además impide el crecimiento de plantas en el canal.

La velocidad máxima permisible, es algo bastante complejo y generalmente se estima empleando la experiencia local o el juicio del ingeniero diseñador.

La U.S. Bureau of Reclamation, recomienda que, para el caso de revestimiento de canales de hormigón no armado, las velocidades no deben exceder de 2.5 – 3.0 m/seg. Para evitar la posibilidad de que el revestimiento se levante.

#### **4.6.4. Borde libre**

Cuando se diseña un canal es necesario dar un margen de seguridad, ya que se pueden dar desbordamientos debido a crecidas repentinas de agua. Este margen de seguridad se obtiene aumentando la altura del canal sobre el nivel de agua que lo recorre, el cual se le denomina borde libre.

No existe ninguna regla fija que se pueda aceptar universalmente para el cálculo del borde libre, debido a que las fluctuaciones de la superficie del agua en un canal, se puede originar por causas incontrolables.

La U.S. Bureau of Reclamation recomienda estimar el borde libre con la siguiente fórmula:

$$\text{Borde libre} = \sqrt{CY}$$

Donde:

C: 1.5 para caudales menores a 20 pies<sup>3</sup> / seg., y hasta 2.5 para caudales del orden de los 3000 pies<sup>3</sup>/seg.

Y: Tirante del canal en pies

Nota: 10 pies equivalen a 3.05 m.

(Chow, V. 2004) menciona que comúnmente los bordes libres varían desde menos de 5% al 30% de la profundidad del flujo.

La secretaría de Recursos Hidráulicos de México, recomienda los siguientes valores en función del caudal y el tipo de revestimiento:

**Tabla 8: Borde libre en función del caudal**

Caudal (m <sup>3</sup> /seg)	Revestido (cm)	Sin revestir (cm)
≤ 0.05	7.5	10
0.05 – 0.25	10	20
0.25 – 0.50	20	40
0.50 – 1.00	25	50
> 1.00	30	60

Fuente: Ministerio de Agricultura y Alimentación (1978)

Por último, (Villón, M. 1995), hace referencia a valores para bordes libres, a partir de la dimensión de la base del canal, los cuales se muestran en la tabla 9.

**Tabla 9: Borde libre en función de la plantilla del canal**

Ancho de plantilla (m)	Borde libre (m)
Hasta 0.80	0.40
0.80 – 1.50	0.50
1.50 – 3.00	0.60
3.00 – 20.00	1.00

Fuente: Máximo Villón (1995)

#### **4.6.5. Criterios de espesor de revestimiento**

Según el manual de la ANA, no existe una regla general para definir los espesores del revestimiento de concreto, sin embargo, según la experiencia acumulada en la construcción de canales en el país, se puede usar un espesor de 5 a 7.70 cm para canales pequeños y medianos, y 10 a 15 cm para canales medianos y grandes, siempre que estos se diseñen sin armadura.

#### **4.7. Modelamiento hidráulico con HEC-RAS**

De la US Army Corps of Engineer, se puede concluir los siguientes términos:

##### **4.7.1. Modelo matemático**

Los fenómenos hidráulicos son tan complejos que no se pueden describir y analizarlos en su totalidad, por ello, se estudian los modelos matemáticos como herramientas para conocer el comportamiento de estos fenómenos; también, se podría decir que un modelo físico o matemático, es una representación simplificada de un aspecto de la naturaleza y, en muchos casos, de las obras construidas en ella.

##### **4.7.2. Modelación con HEC - RAS**

HEC – RAS (Hydrological Engineering Center – River Analysis System), es un software de modelización hidráulica unidimensional, en el cual el diseñador interactúa con el mismo mediante el uso de gráficas. Este software emplea el Método Estándar para la solución del flujo permanente gradualmente variado, este calcula los niveles de agua para cada sección. Para ello, es necesario conocer las secciones, la separación entre ellas, el coeficiente de Manning de cada tramo, los caudales de diseño y la condición de borde. Si el flujo es subcrítico, debe conocerse la sección aguas abajo, y si el flujo es supercrítico, debe conocerse la sección aguas arriba.

El software HEC-RAS, realiza tres tipos de análisis: modelación de flujo en régimen permanente para el cálculo del perfil del flujo, modelación de flujo en régimen no permanente y modelación del transporte de sedimentos.

#### **4.8. Modelamiento visual 3D**

El objetivo del modelamiento visual en 3D, es proyectar lo más semejante a la realidad las estructuras hidráulicas diseñadas y dibujadas en el AutoCad.

De manera concisa, se define cada software utilizado para el modelamiento visual; cuya fuente es el buscador Google para fines prácticos.

AutoCad: crea dibujos precisos en 2D y 3D.

AutoCad Civil 3D: dirigido al diseño y cálculos a nivel de ingeniería.

Sketchup: programa de diseño gráfico y modelado 3D.

Lumion: software que a partir de un modelo 3D del diseño, ayuda a hacerlo realista.

## V. CUERPO DEL TRABAJO

Ante la problemática mencionada anteriormente, se propuso acciones para la solución de esta, para tal efecto, fue necesario aplicar los conocimientos y habilidades adquiridas durante la formación profesional, las cuales permitieron tener mayores herramientas al momento de tomar decisiones, de esta manera permitió contribuir y aportar a la empresa en la elaboración del estudio.

En el presente capítulo se describe la contribución a la solución de la problemática.

### 5.1. Descripción del área de estudio

#### 5.1.1. Ubicación

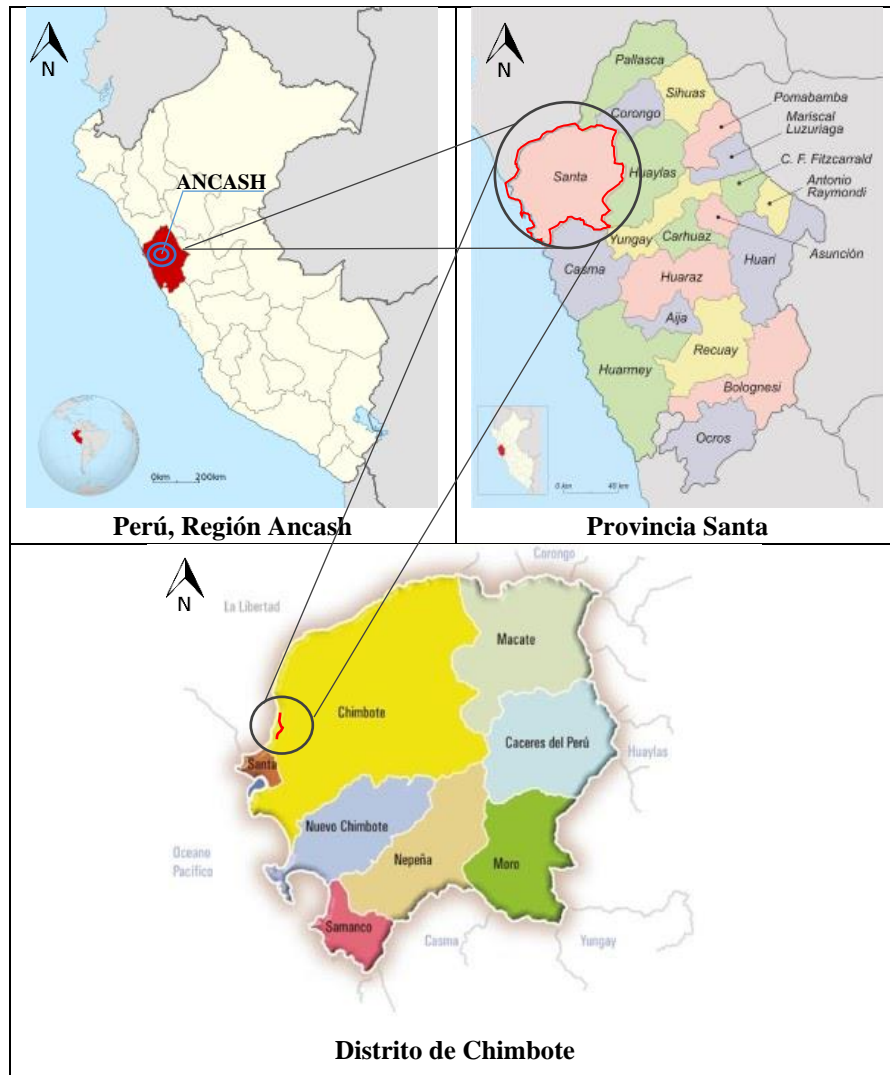
El área de estudio se ubica políticamente en la región Ancash, provincia de Santa, distrito de Chimbote, sector de Rinconada Huaca.

La ubicación geográfica del área de estudio se encuentra en las siguientes coordenadas UTM, WGS 84, zona 17 L. Pertenece a la parte baja de la cuenca Río Santa

**Tabla 10: Ubicación geográfica del área de estudio**

Este	Norte
767 159	9 016 172
766 665	9 011 541

El Canal Integrador Santa San Bartolo, se encuentra en la parte baja de la Cuenca del Río Santa, en el Sector Rinconada Alta, está delimitado en las coordenadas UTM sistema WGS84 Zona 17 L (E: 767159; N: 9016172) en la progresiva Km. 4+283 y (E: 766665.; N: 9011541) en la progresiva Km. 9+347, recorre de Norte a Sur y sus bloques de riego culmina en el Caserío El Castillo por el Sur, por el Este con el Cerro del Carrizal, por el Oeste con el cerro Gallinazo y por el Norte con el Caserío de Rinconada, cuya longitud es 5.064 kilómetros. En la figura 3 se muestra el mapa de ubicación política del área de estudio.



**Figura 3: Mapa de ubicación política del área de estudio**

### **5.1.2. Extensión**

La localidad de la Rinconada Huaca tiene un total de 4500 habitantes y 1600.45 hectáreas de cultivo, el agua para riego que conduce el canal Integrador Santa San Bartolo es captado mediante la bocatoma La Víbora que tiene como fuente de agua al Río Bajo Santa.

### **5.1.3. Accesibilidad**

La vía de acceso de mayor importancia es la Panamericana Norte, la distancia de Lima a Chimbote es de 428 Km. y un tiempo de seis a ocho horas de viaje, la zona del estudio se encuentra a 1 hora de la plaza central de Chimbote.

#### 5.1.4. Clima

El área de estudio tiene un clima árido, la temperatura media anual se encuentra a 19.30 °C y la precipitación es de 142 mm al año.

#### 5.2. Evaluación de la infraestructura de riego actual

El Canal Integrador Santa San Bartolo, inicia desde transición en la progresiva Km. 4+283 hasta la progresiva Km. 9+347, el cual cuenta con un total de 57 estructuras menores y necesarias para el buen servicio de conducción del agua, tal como se detalla en la tabla 11, cabe indicar que dicho tramo de canal sufrió un acelerado proceso de deterioro de sus juntas de contracción, donde se pudo visualizar en algunos tramos la ausencia de estos, también, el canal integrador perdió material granular en su plataforma, por lo que, puso en riesgo la estabilidad del propio canal con la posibilidad de un colapso por la fractura de la losa de concreto por desplazamiento, tal como ocurrió en varios tramos de la estructura del canal que necesitaba una reposición total, además, existe un tramo de canal de 1.054 Km. que aún no está revestido y que ocasiona grandes pérdidas por infiltración.

Las estructuras mencionadas en la siguiente tabla se obtuvieron del inventario realizado en campo, al recorrer todo el canal involucrado.

**Tabla 11: Infraestructura actual del canal Integrador Santa San Bartolo**

Descripción	Unidad	Cantidad
Desagüe de concreto simple	Und	9
Desagüe de concreto armado	Und	7
Caídas verticales	Und	10
Escalines	Und	12
Puente Peatonal	Und	3
Tomas laterales	Und	5
Caída Inclinada	Und	1
Puente vehicular	Und	2
Acueducto	Und	5
Grada	Und	1
Dren (Partidor)	Und	1
Transición	Und	1

El Canal Integrador Santa San Bartolo es de sección trapezoidal, además, tiene una longitud total de 5.064 Km., la cual fue afectada por la activación de las quebradas la Cantera, Establo 1 y 2, San Juan y el Progreso, originando un huayco que afectó al centro poblado de Vinzos, causando daños al canal y parcelas agrícolas, encontrándose colmatado y destruidos en la gran mayoría de su longitud; diferentes tramos fueron destruidos y arrastrado por la corriente del huayco requiriendo su reposición.

Asimismo, según lo indicado en la tabla anterior, se cuenta con estructuras a lo largo del canal, de este modo, en el siguiente párrafo se especifica el estado en el que se encuentran dichas estructuras, pudiéndose clasificar en estado bueno, regular, malo, muy malo e irrecuperable.

Las estructuras en mención y el estado en que se encontraron fueron: 9 desagües de concreto simple (en buen estado), 7 desagües de concreto armado (en buen estado), 10 caídas verticales (en buen estado), 12 escalines (en buen estado), 3 puentes peatonales de los cuales 2 se encuentran inoperativos por rehabilitar sus estribos, 1 dren (en buen estado), 5 tomas laterales (en buen estado), 1 caída inclinada (en buen estado), 2 puentes vehiculares (en buen estado), 5 acueductos (en buen estado), 1 dren partidador por reponer, 1 grada (en buen estado), la infraestructura en mal estado afecta a la población en su economía, debido a una menor producción agrícola, incremento en los costos de operación y mantenimiento.

Lo descrito en el párrafo anterior es mencionado de manera general, por lo que, se debe conocer la ubicación en coordenadas geográficas de cada estructura, igualmente, la condición en la que se encontraron, la progresiva en la que se ubican, tipo de material que están construidas. Estas características se detallan más adelante.

Para tener mejor enfoque a lo referido, a continuación, se muestra algunas estructuras, las cuales se ha nombrado líneas arriba.

En la figura 4, se observa el puente peatonal ubicado en la progresiva Km. 4+602.36, el cual se encuentra inoperativo, pues, sus estribos se encuentran dañados y esto genera inestabilidad a la estructura.





**Figura 4: Puente peatonal ubicado en la progresiva Km. 4+602.36**

En la figura 5, se observa la caída inclinada ubicada en la progresiva Km. 6+224.63, la cual se encuentra en buen estado, y totalmente operativo. En la parte superior derecha de la figura se observa al autor del presente trabajo monográfico realizando el inventario de la infraestructura.



**Figura 5: Caída inclinada ubicado en la progresiva Km. 6+224.63**

En la figura 6, se observa el puente vehicular ubicado en la progresiva Km. 6+414.12, el cual se encuentra en buen estado, y totalmente operativo, sin embargo, aguas arriba y aguas abajo del puente, el canal está inundado y colmatado completamente, también, se observa la presencia de maleza debido a la falta de mantenimiento y la infiltración del agua.



**Figura 6: Puente vehicular ubicado en la progresiva Km. 6+414.12**

En la figura 7, se observa el desagüe ubicado en la progresiva Km. 5+589.95, el cual se encuentra en buen estado, y totalmente operativo, sin embargo, el canal está inundado y colmatado completamente, también, se observa la presencia de maleza debido a la falta de mantenimiento y la infiltración del agua.



**Figura 7: Desagüe ubicado en la progresiva Km. 5+589.95**

En la figura 8, se observa el acueducto ubicado en la progresiva Km. 8+340, el cual se encuentra en buen estado, y totalmente operativo.



**Figura 8: Acueducto ubicado en la progresiva Km. 8+340**

A la vez, durante el recorrido en campo del área de estudio, se diagnosticó el problema principal que fue las pésimas condiciones de la estructura del canal Santa San Bartolo, identificándose así, 24 tramos de canal destruidos, 19 paños socavados, 1.054 Km. de canal sin revestir que va desde la progresiva Km. 6+983 hasta la progresiva Km. 8+037, 1.24 Km. de camino de vigilancia inaccesible que se ubica paralelamente al canal.

Los tramos de canal presentaron daños estructurales considerables, por lo que, se diagnostica que es la principal causa de que existe una baja eficiencia de conducción, en dichos tramos se ha desarrollado maleza, por lo que, genera infiltración, además, en la progresiva Km. 7+934 se encuentra un dren partidior sin revestir (ver figura 12).

En la figura 9, se observa un tramo de canal destruido debido a las fuertes velocidades y arrastre de sedimentos originado por lo ya conocido y mencionado, es por ello, que la mayor parte de los daños se dio en los tramos de canal. Cabe mencionar, que el piso del canal en cada tramo se encuentra completamente deteriorado. Más adelante se menciona a detalle cada tramo involucrado.



**Figura 9: Tramo de canal destruido**

En la figura 10, se observa un tramo del canal sin revestir de 1.054 Km. de longitud, este tramo presenta grandes pérdidas de agua debido a la infiltración, genera erosión del suelo, tiene poca eficiencia de conducción, asimismo, en la parte inferior izquierda de la figura se observa una calicata, para tomar muestras de suelo y poder realizar los estudios geotécnicos, y considerar los parámetros necesarios para el diseño del canal, estas características se mencionan más adelante.



**Figura 10: Tramo de canal sin revestir**

En la figura 11, se observa un paño socavado que requiere un relleno con material de préstamo, a fin de mantener su estabilidad y prevenir el derrumbe del canal, la causa

principal de estas afectaciones fue la pérdida de material granular por erosión. Más adelante se menciona a detalle cada paño involucrado.



**Figura 11: Paño de canal socavado**

En la figura 12, se observa el dren partidor el cual tiene una estructura de tierra, no se encuentra revestido, además, está cubierto de vegetación debido a las filtraciones, el dren partidor es un canal rústico que está conectado al canal Integrador Santa San Bartolo, sus aguas provienen del exceso de riego de otro sector de riego aguas arriba. El dren partidor se ubica en la progresiva Km. 7+934.



**Figura 12: Dren partidor ubicado en la progresiva Km. 7+934**

De igual importancia, es necesario mencionar que el canal Integrador Santa San Bartolo, era un canal revestido de concreto, pues, se encontraba operativo y funcionando eficientemente, a excepción del tramo comprendido desde la progresiva Km. 6+983 hasta la progresiva Km. 8+037 que tiene una longitud de 1.054 Km., este tramo de canal se encontraba sin revestir, es por ello, que el dren partidor al estar ubicado en la progresiva Km. 7+934, también, se encontraba en la misma condición, por otra parte, paralelamente al canal, existe un camino de acceso vehicular y peatonal que se conoce como camino de vigilancia, esto para poder realizar los trabajos de operación y mantenimiento. Las condiciones mencionadas se mantenían hasta que ocurrió el fenómeno conocido como “El Niño Costero”.

A lo largo de los 5.064 Km. que comprende el canal, se identificó 24 tramos destruidos, 19 paños socavados, 1.054 Km. de canal sin revestir, 1 dren partidor sin revestir, 1.24 Km. de camino de vigilancia inaccesible. Siendo estos los factores que originan la problemática.

De este modo, se puede concluir que la principal estructura dañada fue el canal Integrador Santa San Bartolo, puesto que, se encuentra en pésimo estado para poder funcionar eficientemente. Con respecto a las estructuras menores pertenecientes al canal, dado que se encuentran en buen estado, no se ejecutará ninguna acción sobre ellos para su mejoramiento.

En resumen, las siguientes tablas 12, 13, 14 y 15, detallan la ubicación (progresiva de inicial y final), la longitud, estado actual y la acción que se debe realizar, de las estructuras involucradas, para la solución de la problemática, por ende, es importante conocer dichas características, lo cual permite tener un enfoque general de lo que se va a analizar y proponer la solución de la problemática.

**Tabla 12: Descripción del canal sin revestir**

Descripción	Progresiva Inicial	Progresiva Final	Longitud (m)	Estado actual	Acción
Canal sin revestir	6+983.00	8+037.00	1054.00	No existente	Estructura a construir

**Tabla 13: Descripción del dren partidor**

Descripción	Progresiva Inicial	Progresiva Final	Longitud (m)	Estado actual	Acción
Dren partidor	7+934.00	7+934.00	0.00	No existente	Estructura a construir

**Tabla 14: Descripción de los 24 tramos**

Descripción	Progresiva Inicial	Progresiva Final	Longitud (m)	Estado actual	Acción
Tramo 1	4+282.80	4+359.00	76.20	Irreparable	Estructura a reponer
Tramo 2	4+432.50	4+447.30	14.80	Irreparable	Estructura a reponer
Tramo 3	4+526.00	4+540.80	14.80	Irreparable	Estructura a reponer
Tramo 4	4+591.80	4+609.10	17.30	Irreparable	Estructura a reponer
Tramo 5	4+629.70	4+637.40	7.70	Irreparable	Estructura a reponer
Tramo 6	4+816.80	4+876.60	59.80	Irreparable	Estructura a reponer
Tramo 7	4+912.36	4+941.30	28.94	Irreparable	Estructura a reponer
Tramo 8	4+996.16	5+008.30	12.14	Irreparable	Estructura a reponer
Tramo 9	5+063.30	5+134.68	71.38	Irreparable	Estructura a reponer
Tramo 10	5+262.50	5+305.00	42.50	Irreparable	Estructura a reponer
Tramo 11	5+310.00	5+319.70	9.70	Irreparable	Estructura a reponer
Tramo 12	5+335.00	5+349.70	14.70	Irreparable	Estructura a reponer
Tramo 13	5+360.00	5+365.00	5.00	Irreparable	Estructura a reponer
Tramo 14	5+382.50	5+392.50	10.00	Irreparable	Estructura a reponer
Tramo 15	5+436.20	5+442.40	6.20	Irreparable	Estructura a reponer
Tramo 16	5+575.00	5+669.30	94.30	Irreparable	Estructura a reponer
Tramo 17	5+880.00	5+966.50	86.50	Irreparable	Estructura a reponer
Tramo 18	5+979.00	5+986.00	7.00	Irreparable	Estructura a reponer
Tramo 19	6+169.15	6+176.25	7.10	Irreparable	Estructura a reponer
Tramo 20	6+265.80	6+270.80	5.00	Irreparable	Estructura a reponer
Tramo 21	6+351.60	6+521.60	170.00	Irreparable	Estructura a reponer
Tramo 22	8+260.70	8+268.00	7.30	Irreparable	Estructura a reponer
Tramo 23	9+280.00	9+287.50	7.50	Irreparable	Estructura a reponer
Tramo 24	9+292.35	9+318.50	26.15	Irreparable	Estructura a reponer

Se entiende por tramo a una parte del canal que se encuentra destruida, por otro lado, se concluye de la tabla 14, que la suma de las longitudes de los 24 tramos es de 802.01 m., siendo este la longitud total a reponer.

**Tabla 15: Descripción de los 19 paños**

Descripción	Progresiva Inicial	Progresiva Final	Longitud (m)	Estado actual	Acción	Margen
Paño 1	4+420.00	4+432.50	12.50	Peligro de colapso	Estructura a rellenar	Izquierdo
Paño 2	4+447.30	4+460.00	12.70	Peligro de colapso	Estructura a rellenar	Izquierdo
Paño 3	4+473.50	4+474.50	1.00	Peligro de colapso	Estructura a rellenar	Izquierdo
Paño 4	4+760.00	4+816.00	56.00	Peligro de colapso	Estructura a rellenar	Izquierdo
Paño 5	5+305.00	5+310.00	5.00	Peligro de colapso	Estructura a rellenar	Izquierdo
Paño 6	5+372.50	5+382.50	10.00	Peligro de colapso	Estructura a rellenar	Izquierdo
Paño 7	5+392.50	5+420.50	28.00	Peligro de colapso	Estructura a rellenar	Izquierdo
Paño 8	5+730.00	5+755.50	25.50	Peligro de colapso	Estructura a rellenar	Izquierdo
Paño 9	5+760.00	5+780.00	20.00	Peligro de colapso	Estructura a rellenar	Izquierdo
Paño 10	4+520.00	4+526.00	6.00	Peligro de colapso	Estructura a rellenar	Derecha
Paño 11	4+540.00	4+550.00	10.00	Peligro de colapso	Estructura a rellenar	Derecha
Paño 12	4+740.00	4+816.80	76.80	Peligro de colapso	Estructura a rellenar	Derecha
Paño 13	5+252.50	5+262.50	10.00	Peligro de colapso	Estructura a rellenar	Derecha
Paño 14	5+320.00	5+335.00	15.00	Peligro de colapso	Estructura a rellenar	Derecha
Paño 15	5+349.70	5+360.00	10.30	Peligro de colapso	Estructura a rellenar	Derecha
Paño 16	5+365.00	5+370.00	5.00	Peligro de colapso	Estructura a rellenar	Derecha
Paño 17	5+710.00	5+720.00	10.00	Peligro de colapso	Estructura a rellenar	Derecha
Paño 18	5+730.00	5+755.50	25.50	Peligro de colapso	Estructura a rellenar	Derecha
Paño 19	5+760.00	5+780.00	20.00	Peligro de colapso	Estructura a rellenar	Derecha

Se entiende por paño a una parte del canal que se encuentra socavado, por otro lado, se concluye de la tabla 15, que los paños no se encuentran destruidos, sin embargo, están en peligro de colapsar, por consiguiente, se toma la acción de rellenar con material seleccionado cada paño afectado para evitar el colapso, además, se indica la margen que debe ser intervenida. La suma de las longitudes de los 19 paños es de 359.30 m., siendo este la longitud total a rellenar.



En lo que concierne a la evaluación de la infraestructura de riego actual, se puede considerar a esta evaluación como una fase previa y fundamental ante cualquier inicio de un estudio para expediente técnico con fines de riego, ello permite conocer la realidad de la problemática, a la vez poder interactuar con los involucrados (agricultores, directivos de las organizaciones de usuarios de agua) tal como se puede observar al autor del presente trabajo monográfico en la figura 13.



**Figura 13: Coordinaciones previas con los involucrados al inicio del estudio**

Si bien es cierto, los expedientes técnicos se rigen a los términos de referencia establecidos, no obstante, es importante escuchar las necesidades de los usuarios de agua ya que ellos serán los beneficiados.

Para concluir, los parámetros presentados de la infraestructura del canal Santa San Bartolo, tales como, las ubicaciones, longitud, características y demás, se obtuvieron al recorrer todo el canal mencionado. Como materiales de apoyo se tuvo, un cuaderno de apuntes, cámara fotográfica, gps de mano, wincha de 25 metros, en efecto, se aplicó las habilidades adquiridas y lo aprendido académicamente durante la formación profesional en la universidad, para aportar al desarrollo y elaboración del expediente técnico.

Para seguir con la secuencia del presente trabajo monográfico, una vez evaluada la infraestructura de riego, en las siguientes páginas se expone la metodología para la solución a la problemática.

### 5.3. Planteamiento y alternativa de solución

De manera concreta, se afirma que toda la población del ámbito de estudio, se encuentra directa o indirectamente afectada por el atraso de la actividad económica agrícola, consecuentemente, ante esta situación negativa, existe un interés por parte de los usuarios en mejorar y rehabilitar el canal Integrador Santa San Bartolo.

Una vez identificada la problemática durante la evaluación de la infraestructura de riego, y luego haber mencionado las estructuras involucradas en las tablas 12, 13, 14 y 15, se procede a plantear la alternativa de solución.

Cabe indicar que el canal Integrador Santa San Bartolo tiene una sección trapezoidal revestido de concreto en casi su totalidad, por el motivo, que ya se mencionó anteriormente, puesto que existe un tramo sin revestir tal como ya se indicó.

Las dimensiones del canal existente son (ver figura 14):

- Base mayor: 3.90 metros.
- Base menor: 0.90 metros.
- Altura: 1.50 metros.
- Espesor de pared: 0.10 metros.
- Talud: 1 en 1.
- Material: concreto simple

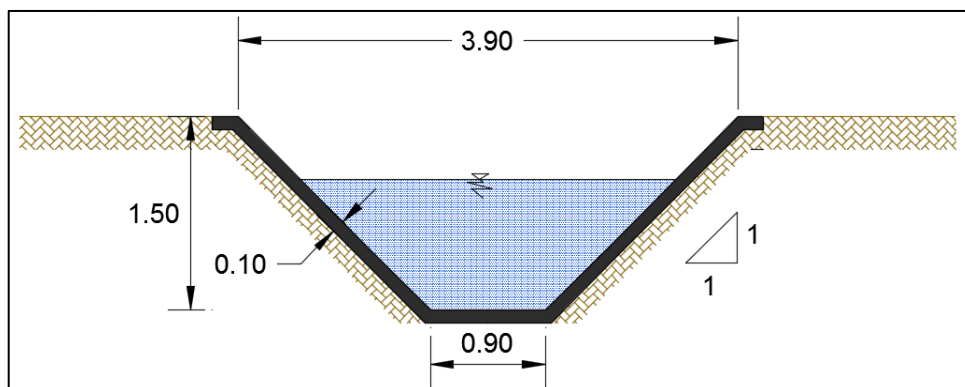


Figura 14: Sección típica del canal Integrador Santa San Bartolo

En ese sentido, se plantea las siguientes acciones para poder mejorar y rehabilitar el canal Integrador Santa San Bartolo:

En el canal se propone lo siguiente:

- La Habilitación del camino de acceso en un total de 1.24 Km., dicho camino en sentido paralelo al canal Integrador Santa San Bartolo desde la progresiva Km. 6+800 a la progresiva Km. 8+040.
- El revestimiento del canal Integrador Santa San Bartolo desde la progresiva Km. 6+983 hasta la progresiva Km. 8+037, con una longitud total de 1.054 Km., este revestimiento será con concreto simple de 10 cm. de espesor y una resistencia de  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ , este canal tendrá una sección trapezoidal similar a la sección preexistente, este revestimiento de concreto tendrá paños de 3 m. de longitud, con la conformación de juntas de dilatación de 1 pulgada, las mismas que están compuestas de un cordón de polietileno de 1 1/8 pulgada de diámetro y masilla elástica de poliuretano para su sellado correspondiente.

Cabe indicar que teniendo en cuenta la presencia de un nivel freático cercano a la rasante del canal, se prevé, la implementación de material por debajo de la base del canal, con una profundidad de 45 cm., el cual estará compuesto por 3 capas, la primera capa lo compone un filtro de 20 cm. de altura que contiene piedras de 1 1/2 pulgadas a 2 pulgadas de diámetro, la segunda una capa de arena gruesa de 10 cm. de altura, y la última capa de 15 cm. de material de afirmado.

- La demolición y reposición de 24 tramos del canal Integrador San Bartolo, con una longitud total de 802.01 m., la reposición de estos paños se hará con un concreto simple con 10 cm. de espesor y una resistencia de  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ , con las mismas consideraciones hidráulicas preexistentes, base mayor de 3.90 m., base menor de 0.90 m. altura total de 1.50 m., taludes de 45 grados y paños de 2.5 m de longitud para la conformación de juntas de dilatación de 2 pulgadas, las mismas que están compuestas de un cordón de polietileno de 2 1/4 de pulgada de diámetro y masilla elástica de poliuretano para su sellado.

Cabe indicar que teniendo en cuenta la presencia de un nivel freático cercano a la rasante del canal, se prevé, la implementación de material por debajo de la base del canal, solo en los tramos 1, 16, 17 y 21, puesto que dichos tramos tienen longitudes considerables y son superiores a los 70 m. de longitud (ver tabla 5); la profundidad por debajo de la base del canal es de 45 cm., el cual estará compuesto por 3 capas, la primera capa lo compone un filtro de 20 cm. de altura que contiene piedras de 1 1/2 pulgadas a 2 pulgadas de diámetro, la segunda una capa de arena gruesa de 10 cm. de altura, y la última capa de 15 cm. de material de afirmado.

- La estabilización de la plataforma del canal Integrador Santa San Bartolo en 19 paños que hacen una longitud total de 359.30 m., con material de afirmado, debido a la pérdida de este material que pone en peligro la estructura del canal existente.
- La reposición de las juntas de contracción lo largo del canal Integrador Santa San Bartolo desde la Progresiva Km. 4+283 hasta la progresiva Km. 9+ 318.50, para lo cual se realizará el retiro y limpia de todas las juntas para luego colocar un cordón de polietileno de 2 1/4 de pulgada de diámetro con una masilla elástica de poliuretano como sello.

En el dren partidor se propone lo siguiente:

- El revestimiento del dren partidor, el cual conecta al canal Integrador Santa San Bartolo en la progresiva Km. 7+934, siendo esta progresiva el punto de entrega, será revestido en una longitud total de 85 m. desde la intersección con el canal Integrador Santa San Bartolo hacia aguas arriba del dren partidor, estos detalles serán indicados en los siguientes capítulos, el revestimiento será con concreto simple con 10 cm. de espesor y una resistencia de  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ , este canal tendrá una sección trapezoidal con las siguientes dimensiones: base mayor de 3.90 m., base menor de 0.90 m., altura total de 1.50 m., y taludes de 45 grados, este revestimiento de concreto tendrá paños de 3 m. de longitud, con la conformación de juntas de dilatación de 1 pulgada, las mismas que están compuestas de un cordón de polietileno de 1 1/8 pulgada de diámetro y masilla elástica de poliuretano para su sellado correspondiente.
- La instalación de una estructura de conducción de concreto armado de 20 cm. de espesor la misma que cuenta con una sección rectangular necesaria para la instalación de una compuerta conformada de una hoja deslizante de espesor de 3/18 pulgadas STM-27 de

1.40 m. de ancho y 1.00 m de alto, esta estructura será implementada en la intersección del dren partidor y el canal Integrador Santa San Bartolo para controlar los volúmenes de agua al momento del funcionamiento.

Por tanto, se evaluará si las dimensiones del canal existente están correctamente diseñadas para poder conducir el agua para riego con el caudal de demanda requerido, por ende, se realizará el diseño hidráulico del canal de riego, a fin de que exista un correcto funcionamiento, con ello, una vez verificado el diseño del canal se puede aplicar las acciones mencionadas líneas arriba.

#### **5.4. Metodología**

En relación con las acciones planteadas en el capítulo anterior, se aplicará la siguiente secuencia metodológica para poder solucionar la problemática.

El presente desarrollo del trabajo monográfico se dividió en 2 fases. La primera fase se puede denominar la fase de campo, dicha fase incluye lo descrito en los ítems 5.1 y 5.2, esto, considerándose como un preámbulo a los estudios de ingeniería necesarios.

Dentro de la fase de campo se considera el estudio topográfico, la topografía del área de estudio es fundamental para el inicio de cualquier diseño a nivel de ingeniería.

De la misma forma, se debe considerar el estudio geológico, geotécnico e hidrológico dentro de la fase de campo.

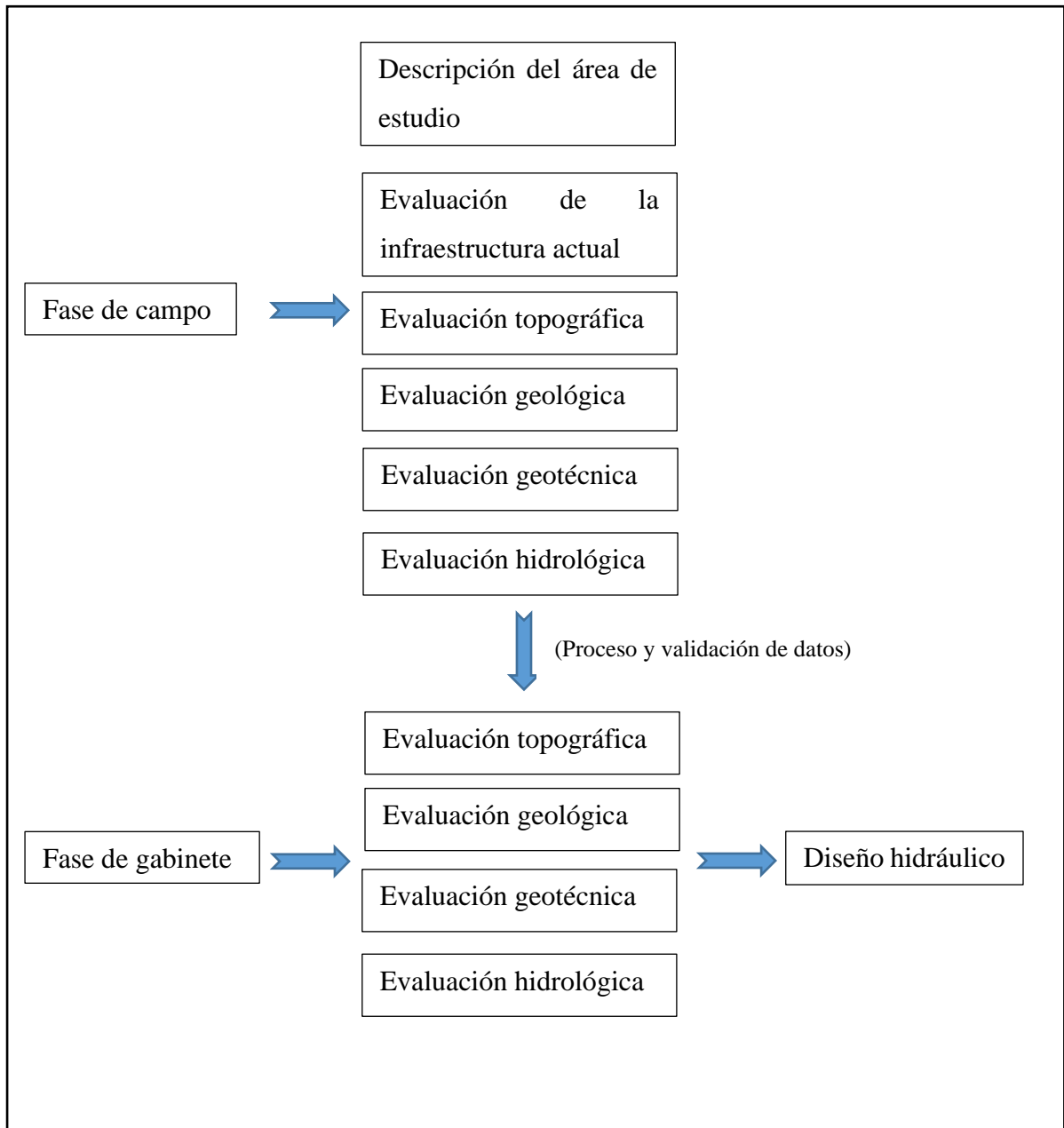
La segunda fase se denomina la fase de gabinete, es aquella donde se clasifica y procesa los datos obtenidos en la primera fase, es decir, se desarrolla los cálculos hidráulicos del canal y su proyección al mejoramiento del mismo.

En resumen, se realiza las siguientes evaluaciones relacionadas al canal Integrador Santa San Bartolo, evaluación topográfica, evaluación geológica y geotécnica, evaluación hidrológica y evaluación del diseño hidráulico, en ese orden respectivamente, para poder cumplir con el objetivo planificado.

Cabe indicar, que, para las evaluaciones mencionadas, en el presente trabajo monográfico solo se consideraron temas específicos de cada estudio, de manera que, tenga relación directamente con el canal y a su vez se logre cumplir con el objetivo principal.

La metodología para el presente estudio, tiene una secuencia que lleva relación entre sí, porque el diseño del canal necesita evaluaciones previas para poder tomar decisiones. Además, con las evaluaciones de los estudios previos ya mencionados, se obtiene parámetros fundamentales para el diseño.

A continuación, se muestra un diagrama donde se representa la secuencia para poder cumplir con el objetivo principal.



Los detalles de cada evaluación se mencionan a partir de la siguiente página.

### 5.4.1. Evaluación topográfica

El objetivo principal de la presente evaluación es contribuir con el diseño del canal Integrador Santa San Bartolo, para lograr dicho objetivo se realizó la georreferenciación y levantamiento topográfico de la zona del proyecto.

Se considera dividir la evaluación topográfica en 3 etapas:

#### 5.4.1.1. Planeamiento

Esta etapa consistió en la identificación de las actividades a seguir para lograr la realización del estudio topográfico.

#### 5.4.1.2. Reconocimiento de campo

Esta etapa consistió en un recorrido a pie, por todo el canal Integrador Santa San Bartolo, realizado por la cuadrilla de topografía y georreferenciación para identificar y visualizar el entorno inmediato de trabajo lo que permitió la ubicación de los lugares más convenientes para la ubicación de los puntos de georreferenciación.

En la figura 15, se muestra una imagen satelital de Google Earth del área de estudio, además, se observa el canal Integrador Santa San Bartolo y a su margen derecha el Río Santa.



Figura 15: Vista aérea del área de estudio

Se puede concluir que la topografía del terreno es ligeramente ondulada, con pendientes suaves, de igual importancia, cabe indicar que la zona de estudio se encuentra en la zona 17L.

#### 5.4.1.3. Trabajos topográficos en campo

Para esta etapa se define a la cuadrilla de trabajo, esta cuadrilla comprendió de 1 topógrafo el cual manejó el equipo topográfico, y 3 asistentes, con respecto a los asistentes, fueron personas de la zona, cuya función fue de apoyar y cumplir con las indicaciones del topógrafo, generalmente en este tipo de estudios se suele contratar a gente de la zona a fin de optimizar costos y tiempo.

Consecuentemente, se colocaron como BM (bloque de concreto que contiene coordenadas UTM), los siguientes puntos: BM-01, BM-02, BM-03, BM-04 y BM-05, los mismos que sirvieron como BMs, para la realización del levantamiento topográfico con RTK (Real Time Kinematic). El RTK es un sistema de posicionamiento y navegación que ofrece alta precisión y la vez funciona en tiempo real.

Los BMs son utilizados para tener puntos con coordenadas (este, norte y elevación) conocidas, posteriormente estos puntos servirán para el replanteo durante la ejecución del proyecto.

Conviene indicar, que lo relacionado con coordenadas topográficas en el estudio, se utilizó el sistema WGS 84 como referencia.

En la tabla 16, se ubica las coordenadas y cotas de los puntos de control BMs.

**Tabla 16: Ubicación de los puntos de control BMs**

Punto	Coordenadas UTM (WGS 84)		Cota (msnm)	Zona	Observación
	Norte	Este			
BM-01	9015462.44	767036.89	71.46	17L	Varilla de fierro empotrada sobre hito de concreto.
BM-02	9014404.85	766628.27	67.62	17L	Varilla de fierro empotrada sobre hito de concreto.
BM-03	9013638.41	766802.84	62.68	17L	Varilla de fierro empotrada sobre hito de concreto.
BM-04	9012590.42	767116.83	57.17	17L	Varilla de fierro empotrada sobre hito de concreto.
BM-05	9011836.17	766610.59	54.57	17L	Varilla de fierro empotrada sobre hito de concreto.



De la tabla 16, se concluye que existen 5 puntos de control; con el fin de no redundar mucho con las ilustraciones de los BMs, ya que sus estructuras son similares, a manera de modelo se toma como muestra el BM 01 (ver figura 16).



**Figura 16: BM – 01 monumentado en la zona de estudio**

La estructura del BM está compuesta de una estaca de fierro 3/8 de pulgada de diámetro empotrada sobre un hito de tubo de 6 pulgadas de diámetro de material PVC, relleno con concreto y con la inscripción BM-01.

Siguiendo la secuencia, una vez monumentadas con concreto, se procedió a estacionar sobre ellos los equipos GPS LEICA modelo GS15; para realizar la traslación de coordenadas se usaron 2 receptores GPS con las siguientes características:

Exactitud de posición estática: 3.0 mm +1 ppm (horizontal), 5.0 mm +1 ppm (vertical).



**Figura 17: Equipo topográfico utilizado (Gps Leica GS15)**

El levantamiento topográfico se realizó por el método RTK, que consistió en el estacionamiento simultáneo de dos receptores GPS (base y móvil), a fin de lograr la traslación precisa de coordenadas y cotas.

Se empezó a recorrer y tomar puntos con el georreceptor móvil (rover) a lo largo de todo el canal, los puntos fueron tomados en la sección de canal y en la faja del mismo, se tomaron estratégicamente para poder tener una superficie trabajable a nivel de ingeniería. Se obtuvo un total de 2852 puntos.



**Figura 18: Levantamiento topográfico con gps diferencial en el borde del canal**



**Figura 19: Levantamiento topográfico con gps diferencial en la base del canal**

#### **5.4.2. Evaluación geológica**

La evaluación geológica del canal integrador Santa San Bartolo también es necesario, con la finalidad de evitar problemas de inundación y/o fallamiento que se generen como consecuencia de la filtración por los ojos de infiltración existente a lo largo del canal, lo cual pondría en peligro la propia estabilidad del revestimiento del canal al debilitarse el terreno por debajo de ella, así como su eficacia.

Los objetivos a considerar de la presente evaluación geológica son: efectuar la verificación de las condiciones geológicas del área donde se proyecta la cimentación y construcción de las estructuras planificadas dentro del canal de irrigación. También, evaluar el terreno desde un punto de vista geológico, verificando las condiciones de la geomorfología, estructuras geológicas y afloramientos a través de exploraciones superficiales del terreno donde se encuentra el canal de irrigación.

##### **5.4.2.1. Unidad geográfica**

La unidad presente a lo largo del tramo del canal Integrador Santa San Bartolo está integrada por:

Chala o Costa que va desde 0 hasta los 500 m.s.n.m. El relieve presente es variado, con presencia de llanuras, sistemas de colinas bajas, cerros no muy escarpados y extensas zonas de valle, el valle del Río Santa que presenta actividad hídrica permanente, con agua durante todo el año. Los desiertos presentes a lo largo de la franja costanera predominan las arenas en forma de dunas que son transportadas por los vientos.

##### **5.4.2.2. Hidrografía**

Hidrografía de la cuenca del Río Santa. La cuenca pertenece al sistema hidrográfico del pacífico. La cuenca del río Santa es parte de la cuenca del Océano Pacífico y según la Autoridad Nacional del Agua (ANA), pertenece a la Región Hidrográfica del Pacífico, como parte de la Unidad Hidrográfica 137. Se ubica entre los -7.967620 y -10.226387 de latitud, y -78.645365 y -77.169280 de longitud. Comprende altitudes desde el nivel del mar hasta los 6768 msnm. El río Santa nace a la altura del pueblo de Chiquián discurrendo entre las Cordilleras Negra y Blanca con dirección andina por más de 150 km.

### **5.4.2.3. Geología regional**

La geografía; acuerdo a la información referida, nuestra región de estudio está ubicada en la región noroeste del Perú, en la cuenca el Río Santa. A 10 Km del Puerto Santa.

La geomorfología; desde el punto de vista regional, en los alrededores de nuestra área de estudio, se han reconocido las siguientes unidades geomorfológicas: cerros costeros, pampa costera, valles, quebradas, dunas y medanos, acumulación eólica.

La estratigrafía; en la región de los cuadrángulos de Santa afloran rocas cuyas edades van desde el cenozoico hasta el cuaternario reciente. La cuenca del Santa se define como la unidad estratigráfica de sedimentación donde se depositaron independientemente formaciones volcánicas sedimentarias con una zona de transición, observada netamente en la cuenca del Santa.

### **5.4.2.4. Geología local**

La geología local enfoca las características de las unidades geológicas relacionadas con las estructuras proyectadas, con fines de cimentación de las mismas.

Desde el punto de vista geográfico local; el área específica del estudio posee los siguientes componentes y sus ubicaciones geográficas respectivas:

Dren partidor: ubicado en el sector intermedio del canal Integrador Santa San Bartolo, en la progresiva Km. 7+934, a la margen izquierda el Río Santa.

Eje del canal: ubicado dentro el mismo sector anterior, abarca una longitud de 5.064 Km, desde la Localidad de La Rinconada (progresiva Km. 4+620) hasta el Castillo (progresiva Km. 9+347).

La geomorfología local; tal como se mencionó anteriormente el área de estudio, canal Integrador Santa San Bartolo, se encuentra dentro de un tipo de unidad geomorfológica denominada valles transversales en V.

En este caso en particular corresponde al valle del Río Santa, cuyo flanco posee pendiente casi plana, con presencia de cerros costeros, a ambos márgenes el Río Santa.

En el sector del estudio del canal está rodeado de grandes campos de cultivo.

La estratigrafía local está compuesta por:

Depósitos eólicos (cuaternario reciente): los depósitos están constituidos por montículos de arenas eólicas estabilizadas y depósitos de arenas en movimiento o continua evolución. Las arenas estabilizadas permiten el desarrollo y crecimiento de vegetaciones propias de estas zonas desérticas, los procesos eólicos en nuestro proyecto se observan en su gran mayoría en los alrededores de los cerros costeros y distribuidos en gran parte del Valle del Río Santa. Se estima que su espesor alcanza los 20 m.

Depósitos Aluviales (cuaternario reciente): los depósitos originados por la acumulación de material en los lechos de quebradas, valles y ríos como producto de la acción erosiva de las corrientes de agua. Se encuentran en disposición semi plana en la zona de proyecto. Se estima que su espesor alcanza los 10 m.

Depósitos Fluviales (cuaternario reciente): Depósitos originados por la acumulación de material transportados por la fluencia del Río Santa y la acción erosiva de las corrientes de agua. Se encuentran en disposición semi-plana en la zona de proyecto. Se estima que su espesor alcanza los 5 m.

La Litología local, en el área de estudio, a lo largo del canal Integrador Santa San Bartolo, se observa básicamente los depósitos fluviales y aluviales, los otros tipos de litologías (andesitas volcánicas y areniscas) se encuentran en los cerros costeros.

Geodinámica externa local, de acuerdo a nuestras observaciones de campo, tanto el eje del canal de conducción, así como como en los taludes del canal y en la progresiva donde se construirá un dren partidior, no están sujetos a fenómenos de geodinámica externa de magnitud considerable, influyendo en ese sentido el fenómeno del Niño Costero último, lo cual se fundamenta en:

La bocatoma donde comienza el canal, no es de pendiente abrupta, está conectada a otros canales de conducción, sin embargo, la cantidad de agua que fluye a través del canal Integrador Santa San Bartolo, ocasiona socavamiento en el tramo del canal sin revestir.

Las laderas de sus cerros poseen una pendiente media en promedio, no son altas y además sus suelos poseen una cohesión media. Existen quebradas por donde fluyeron las aguas en tiempos en crecidas, afectando los canales de conducción y en general el valle del Río Santa.

No se observó rasgos de asentamientos, hundimientos, escarpas de falla u otro fenómeno de geodinámica externa (salvo de carácter mínimo) en la misma área donde se encuentra el Canal integrador Santa San Bartolo. Sin embargo, sí se observó una ladera inestable, pero de grado mínimo en varios lugares del canal, debido a la baja cohesión del suelo que lo conformaba y a la abundante vegetación en el talud del canal con Infraestructura inexistente.



**Figura 20: Vista de los cerros costeros en la margen derecha del canal**



**Figura 21: Vista de quebradas en los afloramientos volcánicos en la margen derecha del Río Santa**



**Figura 22: Vista de acumulaciones eólicas a la margen izquierda del Río Santa**



**Figura 23: Deslizamiento del talud en el tramo del canal sin revestir**

### **5.4.3. Evaluación geotécnica**

Los objetivos a considerar de la presente evaluación geotécnica son: efectuar la verificación de las condiciones geotécnicas del área donde se proyecta la cimentación y construcción de las estructuras proyectadas dentro del sistema de irrigación. También, evaluar el terreno

desde un punto de vista geotécnico, verificando las condiciones de mecánica de suelos a través de exploraciones superficiales del terreno.

#### 5.4.3.1. Trabajo geotécnico en campo

Los trabajos de campo tienen como finalidad estudiar el perfil estratigráfico del suelo para determinar las características geotécnicas físicas y mecánicas. El área de estudio corresponde al canal Integrador Santa San Bartolo, donde se proyecta el mejoramiento y la rehabilitación de la infraestructura de riego.

Se realizó la excavación de 10 calicatas de las cuales 4 calicatas serán materia de ensayo, las otras 6 tienen el fin de determinar la profundidad del nivel freático, dichas calicatas están ubicadas estratégicamente al largo del canal, asignándoles nombres de acuerdo a su ubicación y donde se efectuarán las obras de rehabilitación de cimentación en el proyecto.

Cabe resaltar que las cuatro calicatas (N°1, N°2, N°3 y N°4) se tomaron de las laterales del canal.

A continuación, se presenta la información recopilada de las calicatas.

**Tabla 17: Ubicación de calicatas para el estudio de suelos**

Calicata	Este	Norte	Prof. (m)	Muestra
Calicata N° 1	766916	9013384	0.95	M-1
Calicata N° 2	767024	9013151	0.80	M-1
Calicata N° 3	767185	9012759	0.50	M-1
Calicata N° 4	767180	9012769	1.50	M-1
Calicata N° 5	767134	9015979	1.60	M-1
Calicata N° 6	767035	9015478	1.62	M-1
Calicata N° 7	766752	9014707	1.60	M-1
Calicata N° 8	766644	9014034	1.70	M-1
Calicata N° 9	7636973	9012397	1.76	M-1
Calicata N° 10	766778	9012110	1.75	M-1



Se realiza una breve descripción de las 4 calicatas mencionadas.

#### Calicata N° 1

Se ubica en la progresiva Km. 7+125, presenta cobertura de suelo inorgánico de 0.10 m. medianamente denso, seguidamente hasta los 0.50 m de profundidad un estrato de arena limosa negra, húmeda, de color oscuro, de compacidad media, además a los 0.95 m se observa la superficie de la napa freática, el suelo se clasifica como ML (Limos Inorgánicos).



**Figura 24: Calicata N° 1, profundidad 1.50 m. y ubicado en el Km. 7+125**

#### Calicata N° 2

Se ubica en la Progresiva Km. 7+326, presenta cobertura de suelo orgánico (0.10 m.), en todo el perfil se puede observar una homogeneidad de limos arcillosos oscuros, la napa freática se encuentra desde 0.30 m. Se clasifica como HM (Limos inorgánicos).



**Figura 25: Calicata N° 2, profundidad 0.80m. y ubicado en el Km. 7+326**

### Calicata N° 3

Se ubica en la Progresiva Km. 7+947, presenta cobertura de suelo orgánico de 0.10 m. medianamente denso, seguidamente hasta los 0.50 m de profundidad se observa material orgánico mezclado con limos arcillosos oscuros muy húmeda, de compactidad media a baja; la napa freática se observa a partir de 0.80 m. Se clasifica como ML (Limos Inorgánicos).



**Figura 26: Calicata N° 3, profundidad 1.50 m. y ubicado en el Km. 7+947**

### Calicata N° 4

Se ubica en el sector canal Integrador Santa San Bartolo, progresiva Km. 7+948, presenta cobertura de suelo orgánico de 0.10 m. medianamente denso, seguidamente hasta los 0.50 m de profundidad se observa material orgánico mezclado con limos arcillosos oscuros muy húmeda, además presenta arenas limosas de tono pardo claro, de compactidad media a baja; la napa freática se observa a partir de 1.40 m. Se clasifica como SP-SM (Suelo Grueso, arenoso y gravoso).



**Figura 27: Calicata N° 4, profundidad 1.50 m. y ubicado en el Km. 7+948**

El resto de las calicatas se realizaron con el fin de determinar la profundidad del nivel freático y cómo afecta al canal existente. La profundidad promedio fue de 1.70 m.

#### **5.4.3.2. Análisis de cimentación**

Si bien se conoce las estructuras a proyectar para cumplir con el objetivo, es necesario conocer lo relacionado a su cimentación, es por ello que se detalla lo siguiente.

Los suelos en las laderas del canal donde se apoyará la cimentación, tienen características apropiadas de resistencia y deformación conformada por grava arcillosa, arena arcillosa y roca volcánicas, que aflora en zonas de quebrada y que está cubierta por suelo orgánico.

Todos los paños de concreto se apoyarán íntegramente en terraplén de material, el dren partidor y el tramo de canal a revestir, se apoyarán sobre suelo consolidado. Deben tener una profundidad de cimentación menor igual a 1.00 m, en las zapatas y cimientos corridos la profundidad máxima es 1.00 m. Todas las medidas se miden a partir del terreno nivelado.

Para el cálculo de la presión admisible en el canal Integrador Santa San Bartolo, el modo de cálculo será por falla de tipo local, donde se utilizó la expresión teórica de Terzaghi, quien sugiere el siguiente enunciado:

Teoría de Terzaghi:

$$q_{ult} = c \cdot N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$$

Donde:

qult: Capacidad de carga última

Df: Profundidad de cimentación

B: Ancho de zapata de la cimentación

$\Phi$ : Ángulo de fricción del suelo

c: Cohesión del suelo

$\gamma$ : Densidad del suelo

Nc, Nq, N $\gamma$ : Factores de carga se muestran en la tabla 23.

#### **5.4.3.3. Canteras y botadero**

Una de las consideraciones importantes para un proyecto de irrigación, al margen del propio diseño hidráulico, es identificar la cantera, se necesita conocer de dónde se extraerá el material para las estructuras proyectadas, y conocer su rendimiento.

Es por ello, que el estudio de canteras en la obra tiene como finalidad de proveer el material, en la cantidad requerida y características adecuadas, para el mejoramiento de la capacidad portante del suelo de cimentación de estructuras o relleno.

Para el presente caso se ha considerado 2 canteras, la cantera Vinzos y la cantera Camilita.

La cantera Vinzos se encuentra ubicada en las coordenadas UTM este 767150-E, y la norte 9020609-N, a 6 Km. del área de estudio, su material será usado para la construcción de terraplén.

La cantera Camilita se encuentra ubicada en las coordenadas UTM este 760920-E, y la norte 9013948-N, a 20 Km. del área de estudio, su material será usado para agregados.

Se cuenta solo con 1 botadero, que se encuentra ubicado en las coordenadas UTM este 766938-E, y la norte 9020653-N, a 1 Km. de la cantera Vinzos.

#### 5.4.4. Evaluación hidrológica

El objetivo de la presente evaluación hidrológica, es analizar los parámetros hidrológicos de diseño sobre la base de la información disponible con el fin de conocer el comportamiento hidrológico y la disponibilidad del recurso hídrico en el área de estudio.

En ese sentido, se analizó la información hidrometeorológica, incidiendo en los caudales y la dotación hídrica del canal Integrador Santa San Bartolo.

##### a. Subcuenca Bajo Santa

También, es importante indicar, que el canal Integrador Santa San Bartolo se localiza en la sub cuenca Bajo Santa, perteneciente a la cuenca del Río Santa; la siguiente figura fue realizada por elaboración propia mediante el software Arcmap versión 10.5.



Figura 28: Cuenca del Río Santa

## **b. Calidad del agua**

Uno de los factores más importantes en cualquier proyecto de riego es conocer la calidad del agua, por lo que, de nada valdría realizar el estudio y ejecutar la obra si es que el agua que se va a conducir por el canal no es apta para uso agrícola.

Es por ello, que, durante el trabajo de campo, se ha tomado muestra de agua en el canal Integrador San Bartolo, la misma que fue analizada en el laboratorio de la Universidad Nacional Agraria la Molina; que incluyen parámetros físico-químicos como: CE, pH, Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, Cloruro, Sulfato, Bicarbonato, Nitratos, Carbonatos, SAR y Boro.

Para la selección de parámetros, los criterios de interpretación para calidad de agua han sido tomados de la legislación ambiental vigente para calidad de agua para diferentes usos, Clase III para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales de la Ley General de Aguas DL 17752 y sus modificatorias (1983 – 2003) para cursos de agua superficial.

Los resultados del análisis de agua de las muestras tomadas dentro del ámbito de estudio, han sido referidos a cationes, aniones, conductividad eléctrica, sodio y pH. Luego del resultado del análisis de agua, se procede a la evaluación de la calidad del agua con fines agrícolas.

Para comprobar si los resultados obtenidos se encuentran dentro de un rango permisible de buena calidad de agua se tiene que tener en cuenta los siguientes valores de parámetros recomendados elaborados por la Universidad de California, Comité of Consultants 1974. (Ver tabla 18).

**Tabla 18: Valores de parámetros recomendables del agua para riego**

Parámetro	Símbolos	Unidad	Valores normales en aguas de riego
Salinidad			
Contenido de sales			
Conductividad Eléctrica	Eca	dS/m	0 - 3
Total de Sólidos en Solución	TSS	mg/L	0 - 2000
Cationes y aniones			
Calcio	Ca ++	mg/L	0 - 20
magnesio	Mg ++	mg/L	0 - 5
Sodio	Na +	mg/L	0 - 40
carbonatos	CO3-	mg/L	0 - 0.1
Bicarbonatos	HCO3-	mg/L	0 - 10
Cloro	Cl-	mg/L	0 - 30
Sulfatos	SO4-	mg/L	0 - 20
Nutrientes			
Nitrato - Nitrógeno	NO-N	mg/L	0 - 10
Amonio - Nitrógeno	NH4-N	mg/L	0 - 5
Fosfato - Fosforo	PO4-P	mg/L	0 - 2
Potasio	K+	mg/L	0 - 2
Varios			
Boro	B	mg/L	0 - 2
Acidez o Basicidad	PH		6 - 8.5
Relación de Adsorción de Sodio	RAS		0 - 15

Finalmente, con el análisis de calidad de agua apta para riego, se procede a seguir con los demás estudios, puesto que, el agua que conduce el canal es recomendable para uso agrícola.

### c. Dotación hídrica

Antes de hacer énfasis a la dotación hídrica, en la figura 29 se contempla el esquema hidráulico del área de estudio.

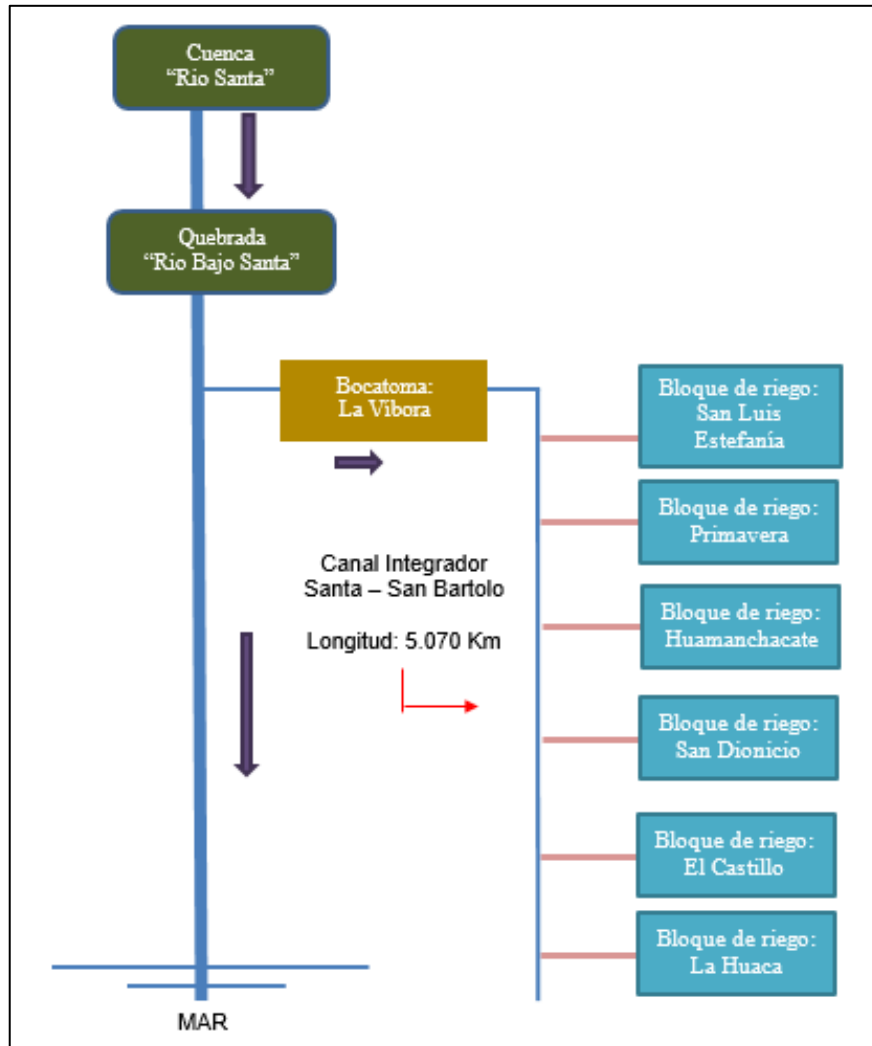


Figura 29: Esquema hidráulico

### d. Demanda hídrica

El mejoramiento y la rehabilitación del canal Integrador Santa San Bartolo permitirá el riego 1600.45 has, las cuales serán incorporadas a la agricultura bajo riego y beneficiará a 4500 usuarios, entre los principales cultivos tenemos: arroz cascara, trigo, cebada, caña, maíz amarillo duro y papa (INEI Chimbote, 2011).

El estudio de la demanda de agua para riego tiene por objeto identificar, comparar y analizar las diferencias obtenidas entre la demanda de los cultivos, el suministro y el consumo de agua para riego en cada unidad de superficie. El cálculo se realizó tanto para los regadíos



existentes como para el resto de las zonas estudiadas. Los cálculos se han realizado con los datos meteorológicos medios de la estación meteorológica Puente Carretera con ubicación en:

**Tabla 19: Ubicación de la estación meteorológica Puente Carretera**

Estación Puente Carretera			
Latitud:	08° 59' 1.00" S	Departamento:	Ancash
Longitud:	78° 38' 1.00" W	Provincia:	Santa
Altitud:	85 msnm	Distrito:	Santa

En la situación con proyecto se ha considerado las áreas que serán abastecidas, en las dos campañas agrícolas, en la campaña grande se abastecerán 1600.45 Has. La demanda o requerimiento de agua se determina a partir de la evapotranspiración potencial de los cultivos considerados en el proyecto con los siguientes factores: precipitación efectiva y eficiencia de riego.

Para tener en cuenta los efectos de las características del cultivo sobre sus necesidades de agua, se presenta unos coeficientes de cultivo ( $K_c$ ), con objeto de relacionar la evapotranspiración de un cultivo en condiciones óptimas y que produzcan rendimientos óptimos. Se han hecho investigaciones sobre la variación de  $K_c$  para diferentes cultivos, cuyos resultados se encuentran en el manual FAO "Requerimientos de agua de los cultivos".

En la tabla 20, se muestra los coeficientes de cultivo involucrados en el estudio.

**Tabla 20: Coeficientes de los cultivos**

Cultivo	Has	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Arroz	4.46	0.40	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.90	0.90	0.90
Trigo	19.48	0.40	0.90	1.15	1.15	0.80	0.50						
Cebada	3.54	0.40	0.90	1.15	1.15	0.80	0.50						0.70
Caña	8.91		0.50	0.70	1.15	1.10	1.00						
Maíz	27.86	1.00	1.20	1.10	0.80	0.60						0.68	1.00
Papa	32.66	0.90	0.60						0.40	0.70	1.00	1.15	1.15

Fuente: FAO, 2006

La cédula de cultivo, es la relación o tabla de cultivos posibles, del proyecto antes indicado de acuerdo a sus condiciones de clima, suelos y experiencia de los agricultores.

Para establecer esta cédula de cultivo se han analizado y sopesado el uso racional de los recursos agua y suelo con la finalidad de obtener una doble campaña al año y maximizar la producción y productividad.

La evapotranspiración potencial (ET<sub>o</sub>), se ha determinado con el Software Cropwat y la fórmula de Hargreaves, para lo cual se trabajó con el resultado obtenido.

El calendario de referencia de los principales cultivos con proyecto se muestra a continuación.

**Tabla 21: Calendario referencia de los cultivos principales del proyecto**

Cultivos	Área	Meses											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Arroz	51.62	51.62	51.62	51.62	51.62	51.62	51.62	51.62	51.62	51.62	51.62	51.62	51.62
Trigo	61.58	61.58	61.58	61.58	61.58	61.58	61.58						
Cebada	16.27	16.27	16.27	16.27	16.27	16.27	16.27						
Caña	161.83	0.00	161.83	161.83	161.83	161.83	161.83		239.23	239.23	239.23	239.23	239.23
Maíz	595.18	302.25	302.25	302.25	302.25							302.25	302.25
Papa	658.62	419.39	292.94	292.94	292.94	292.94	292.94	292.94	419.39	419.39	419.39	419.39	419.39
Algodón	55.33	39.06	16.27	16.27	16.27	16.27	16.27	16.27	39.06	39.06	39.06	39.06	39.06
Total	1600.45	890.17	902.77	902.77	902.77	600.52	600.52	360.83	749.30	749.30	749.30	1051.55	1051.55

Cabe indicar que, los cultivos de rotación seleccionados son: el maíz y la papa.

#### **e. Balance hídrico**

De la misma forma, se realizó el balance hídrico entre la dotación mensual asignada y la demanda de agua del proyecto, pudiéndose entonces determinar que la cantidad de agua asignada de 3.00 m<sup>3</sup>/s satisface la demanda de agua existente en el proyecto, tal como se puede apreciar en el capítulo de resultados.

#### **5.4.5. Diseño hidráulico**

El presente capítulo detalla los cálculos hidráulicos de las estructuras involucradas, a fin de justificar las dimensiones existentes del canal. Los cálculos se desarrollaron con sustento en bases teóricas y referencias bibliográficas.

La información para el diseño hidráulico, se inició con los trabajos como levantamiento topográfico, estudios básicos de geología, geotecnia e hidrología. Estos estudios son muy importantes al momento de realizar los diseños hidráulicos, puesto que, están relacionados entre sí, por lo general, el diseño hidráulico se efectúa posteriormente a los demás estudios mencionados. Esto permitiendo al diseñador tener una visión más amplia para tener un diseño más eficiente.

El caudal que pasará por el canal Integrador Santa San Bartolo según la resolución del ANA es de 3.00 m<sup>3</sup>/s, y es en base a dicho caudal que se han dimensionado las estructuras del canal.

Como parte de una secuencia metodológica, el presente capítulo se desarrolla de la siguiente manera.

##### **5.4.5.1. Diseño hidráulico del tramo de canal sin revestir**





El diseño hidráulico del tramo del canal sin revestir comprende desde la progresiva Km. 6+983 hasta la progresiva Km. 8+037, con un total de 1.054 Km. de longitud.

Para los cálculos de diseño, se utilizó como herramienta las hojas de cálculo del programa Excel, considerando los criterios de diseño ya mencionados.

Además, estos cálculos se realizaron de manera complementaria con el software Autocad Civil 3d, este software permite conocer la topografía del terreno, del cual se puede obtener información de la pendiente y sección del trazo del canal existente, la pendiente es un parámetro indispensable para el diseño del canal, asimismo, el software a la vez permite calcular el volumen de corte y relleno para el metrado y posteriormente el presupuesto.

Cabe indicar que ya se tiene una sección de canal trapezoidal existente con dimensiones determinadas, es por ello, que se evaluará las dimensiones calculadas y las de diseño.

**- Descripción técnica del canal sin revestir**

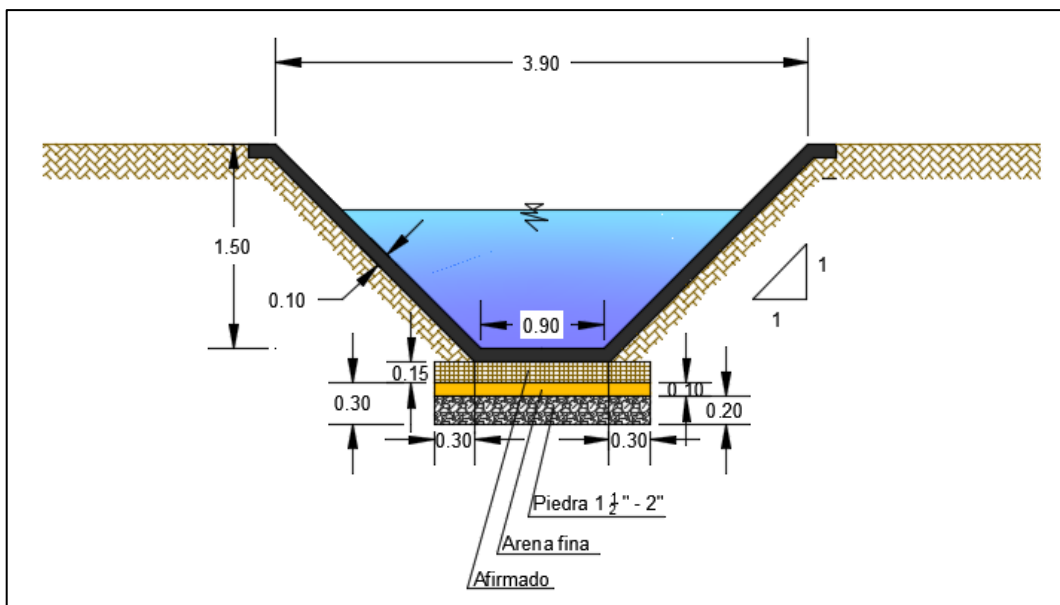
Estructura: Canal sin revestir	Ubicación: Km. 6+983 – Km. 8+037
 <p>Vista: 01</p>	 <p>Vista: 02</p>
 <p>Vista: 03</p>	 <p>Vista: 04</p>
<p>Condición Actual:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Estructural : Estructura de tierra</li> <li><input type="checkbox"/> Hidráulica : Pérdida de agua por infiltración</li> <li><input type="checkbox"/> Instalaciones Mecánicas : No Aplica.</li> </ul>	

**- Actividad a realizar**

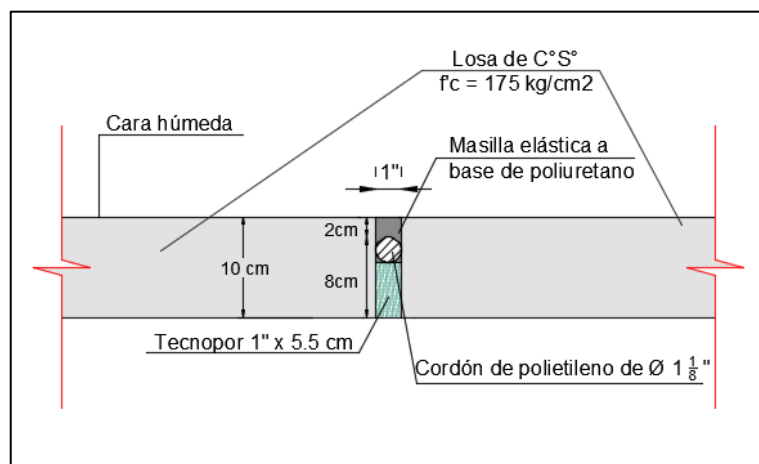
Revestimiento del canal Integrador Santa San Bartolo; desde la progresiva Km. 6+983 hasta la progresiva Km. 8+037, con una longitud total de 1. 054 Km., este revestimiento será con concreto simple de 10 cm. de espesor y una resistencia de  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ , este canal tendrá una sección trapezoidal similar a la sección preexistente, este revestimiento de concreto tendrá paños de 3.00 m. de longitud, con la conformación de juntas de dilatación

de 1 pulgada, las mismas que están compuestas de un cordón de polietileno de 1 1/8 pulgada de diámetro y masilla elástica de poliuretano para su sellado correspondiente.

Mejoramiento de la base del canal; cabe indicar que teniendo en cuenta la presencia de un nivel freático cercano a la rasante del canal, se prevé, la implementación de material por debajo de la base del canal, con una profundidad de 45 cm., el cual estará compuesto por 3 capas, la primera capa lo compone un filtro de 20 cm. de altura que contiene piedras de 1 1/2 pulgadas a 2 pulgadas de diámetro, la segunda una capa de arena gruesa de 10 cm. de altura, y la última capa de 15 cm. de material de afirmado.



**Figura 30: Sección definitiva del tramo del canal a revestir**



**Figura 31: Detalle de junta de dilatación 1 pulgada**

#### 5.4.5.2. Diseño hidráulico del dren partidor

El dren partidor se ubica en la progresiva Km. 7+934 del canal Integrador Santa San Bartolo, con un total de 85 m. de longitud, se sabe que el dren partidor se empalma con dicho canal, es por ello, que en el punto de empalme la progresiva Km. 7+934 para el dren partidor viene a ser la progresiva Km. 0+085, luego va aguas arriba hasta la progresiva Km. 0+000.

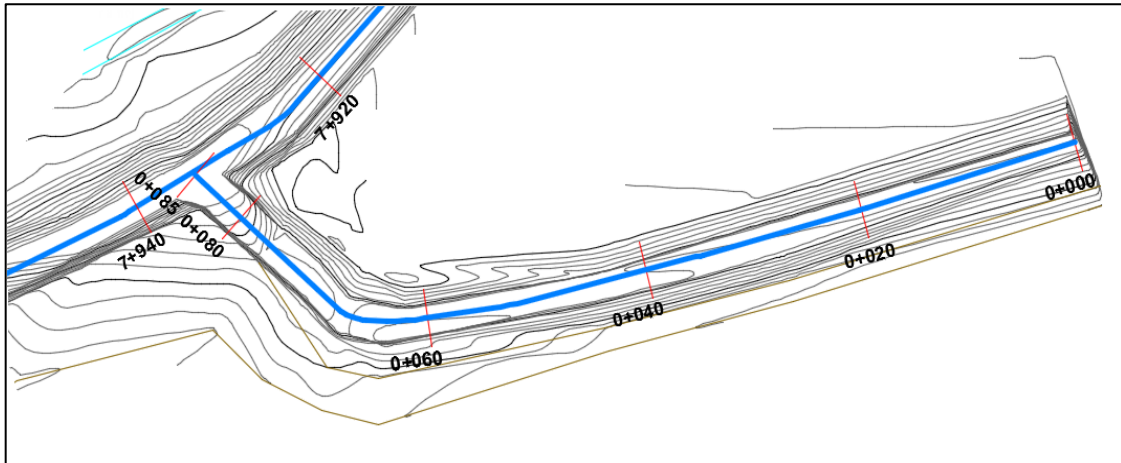






Figura 32: Vista de planta del canal dren partidor

Para los cálculos de diseño, se utilizó como herramienta las hojas de cálculo del programa Excel, considerando los criterios de diseño hidráulicos mencionados en el ítem 4.4.

Además, estos cálculos se realizaron de manera complementaria con el software Autocad Civil 3d, este software permite conocer la topografía del terreno, del cual se puede obtener información de la pendiente y sección del trazo del canal existente, la pendiente es un parámetro indispensable para el diseño del canal, asimismo, el software a la vez permite calcular el volumen de corte y relleno para el metrado y posteriormente el presupuesto.

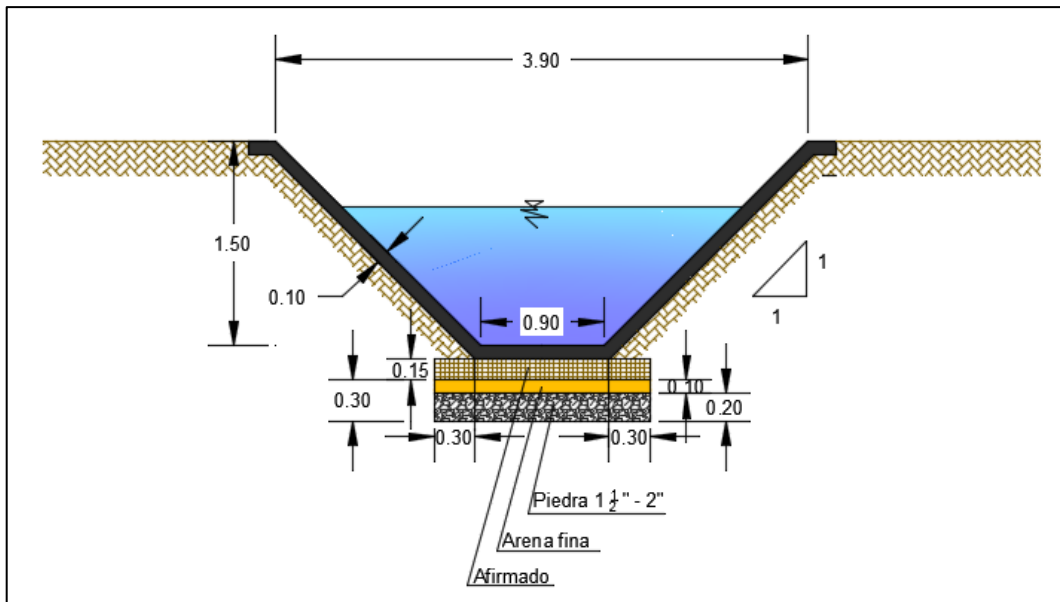
Cabe indicar que no existe estructura existente en lo que se refiere a dren partidor, es por ello, que como ya se tiene una sección de canal trapezoidal existente con dimensiones determinadas, se evaluará las dimensiones calculadas y las de diseño.

**- Descripción técnica del canal dren partidior**

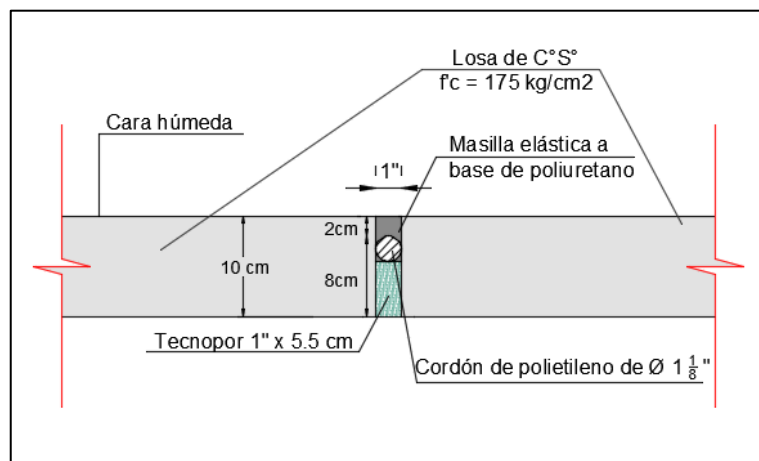
Estructura: Canal dren partidior	Ubicación: Km. 7+956
 <p data-bbox="459 723 576 757">Vista: 01</p>	 <p data-bbox="1046 723 1163 757">Vista: 02</p>
 <p data-bbox="459 1171 576 1205">Vista: 03</p>	 <p data-bbox="1046 1171 1163 1205">Vista: 04</p>
<p data-bbox="240 1234 475 1267">Condición Actual:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="240 1317 979 1350"><input type="checkbox"/> Estructural : Estructura de tierra</li> <li data-bbox="240 1400 1139 1433"><input type="checkbox"/> Hidráulica : Pérdida de agua por infiltración</li> <li data-bbox="240 1482 874 1516"><input type="checkbox"/> Instalaciones Mecánicas : No Aplica.</li> </ul>	

**- Actividad a realizar**

Canal de concreto: canal de sección trapezoidal revestido con concreto  $f^c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  de 10 cm. de espesor, tarrajado con impermeabilizante de 2 mm. Este canal tendrá paños de 3.00 m, con juntas de dilatación de 1 pulgada, las mismas que están compuestas de un cordón de polietileno de 1 1/8 pulgada de diámetro y masilla elástica de poliuretano para su sellado correspondiente.



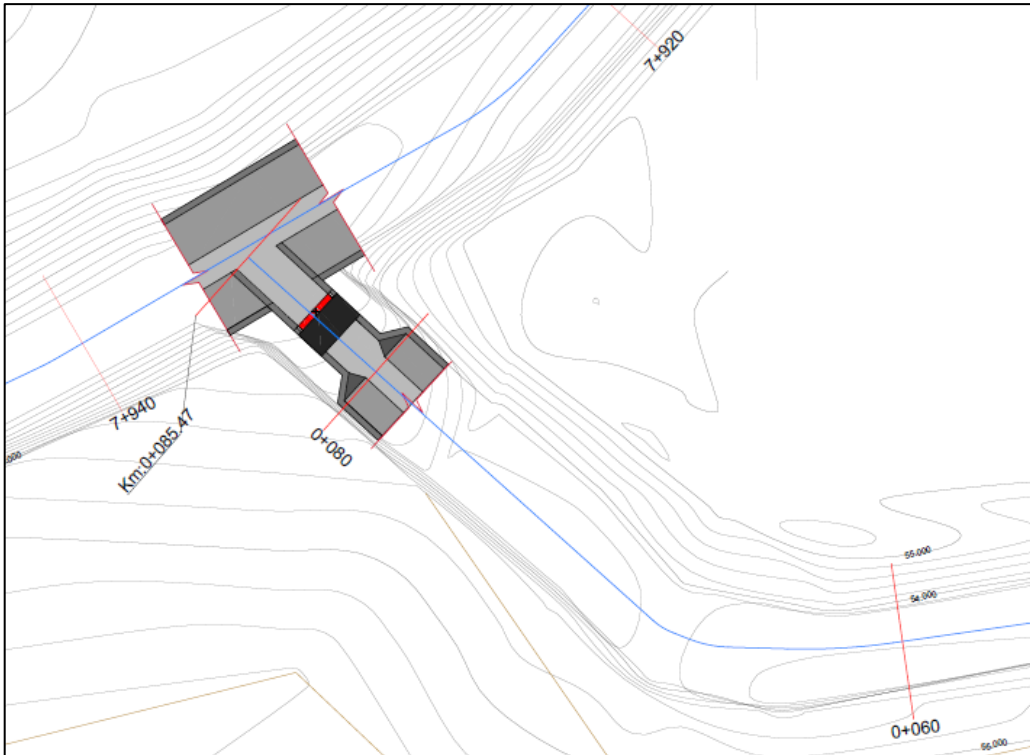
**Figura 33: Sección definitiva del tramo del canal a revestir**



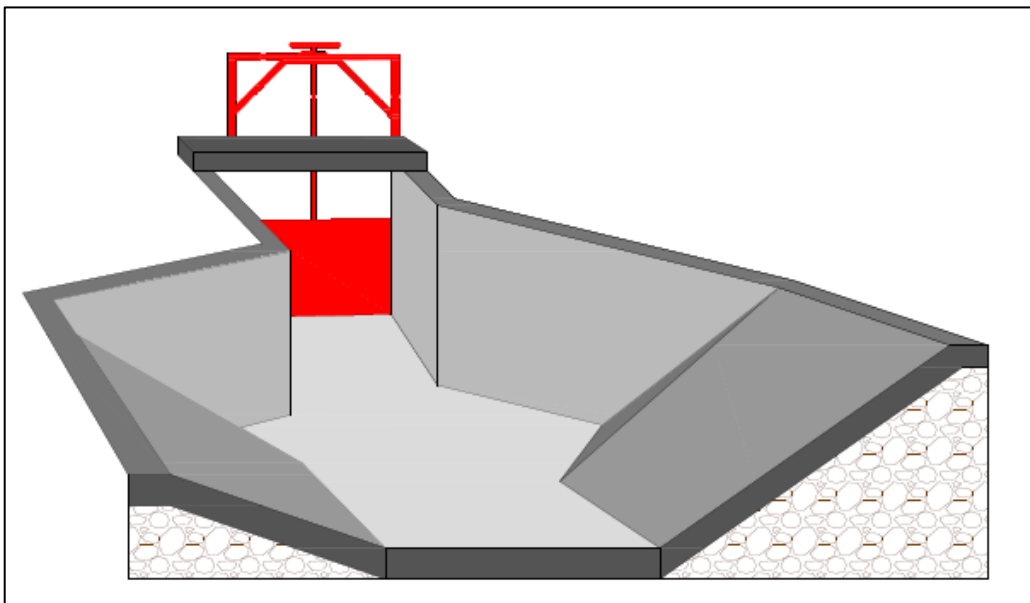
**Figura 34: Detalle de junta de dilatación 1 pulgada**

Además, se planteó la instalación de una compuerta de 1.40 m. de ancho y 1 m. de alto de hoja deslizante de plancha con un espesor de 3/18" STM-27, ubicada sobre el canal del dren que tiene una sección rectangular con muros armados de 20 cm de espesor, el lugar a instalar será el punto de intersección entre el dren partidor y el canal Integrador Santa San Bartolo (ver figuras 35 y 36).





**Figura 35: Vista de planta del empalme entre el canal y el dren partidor**



**Figura 36: Vista isométrica de la compuerta del dren partidor**

### 5.4.5.3. Diseño hidráulico de los 24 tramos

En la figura 37, se observa rectángulos achurados de color naranja, estos representan algunos tramos que se van a reponer.

Las dimensiones de los tramos a reponer serán las mismas que la del canal existente, esto por una manera de coherencia, debido, a que los tramos nuevos a colocar deben encajar con la sección ya existente para una mejor funcionabilidad

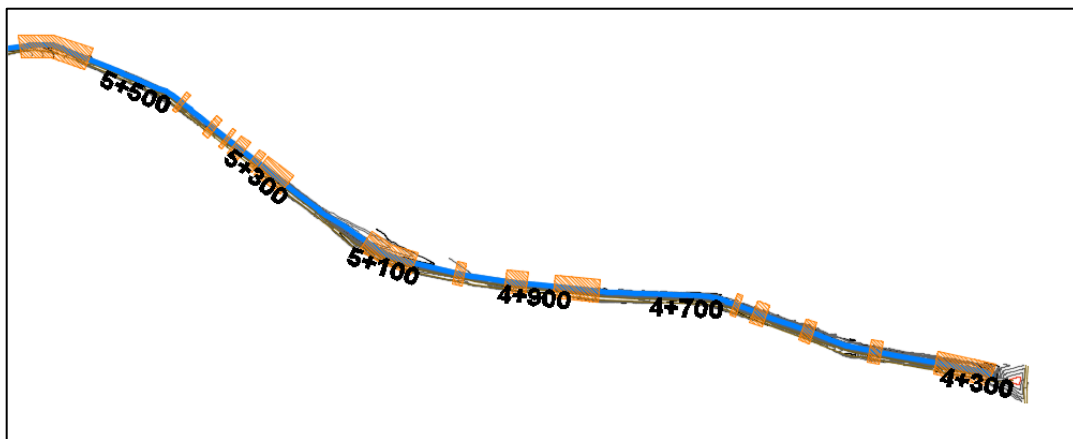






Figura 37: Vista de planta de tramos a reponer

En la página siguiente se indica la descripción técnica de los 24 tramos a reponer.

- **Descripción técnica de los 24 tramos a reponer (L: 802.01 m)**

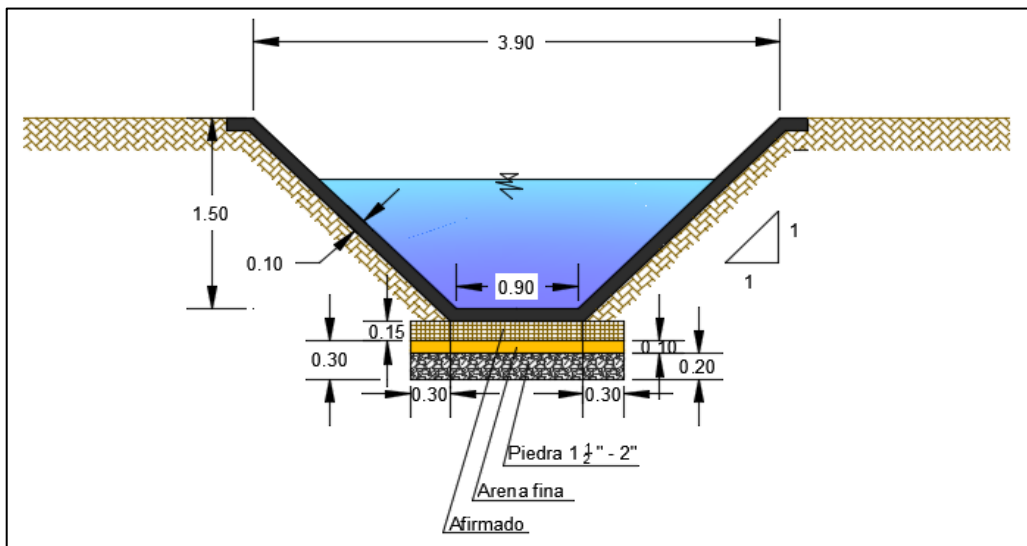
Estructura: Canal Integrador Santa San Bartolo	Ubicación: Variable
	
Vista: 01	Vista: 02
	
Vista: 03	Vista: 04
<p>Condición Actual:</p> <p><input type="checkbox"/> Estructural : Daño estructural considerable (pérdida de sección de concreto)</p> <p><input type="checkbox"/> Hidráulica : Pérdida de agua por infiltración</p> <p><input type="checkbox"/> Instalaciones Mecánicas : No Aplica.</p>	

- **Actividad a realizar**

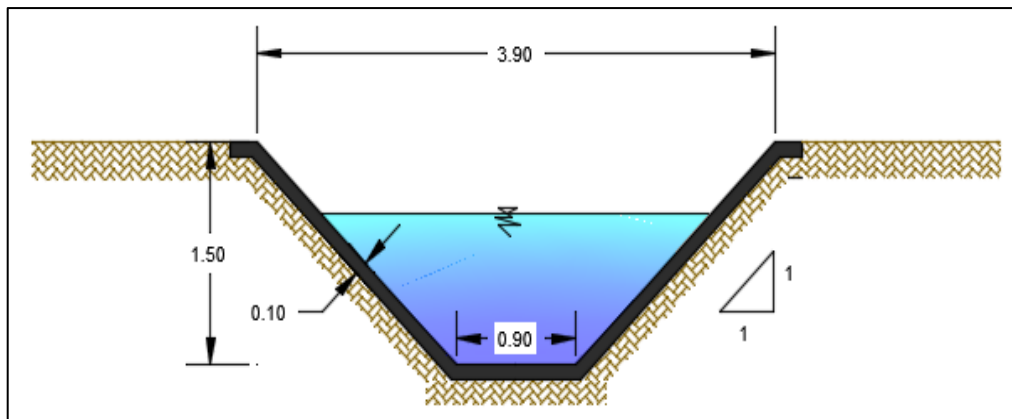
La demolición y reposición de 24 tramos del canal Integrador San Bartolo, con una longitud total de 802.01 m., la reposición de estos paños se hará con un concreto simple con 10 cm. de espesor y una resistencia de  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ , con las mismas consideraciones hidráulicas

prexistentes, base mayor de 3.90 m., base menor de 0.90 m., altura total de 1.50 m., taludes de 45 grados y paños de 2.5 m de longitud para la conformación de juntas de dilatación de 2 pulgadas, las mismas que están compuestas de un cordón de polietileno de 2 1/4 de pulgada de diámetro y masilla elástica de poliuretano para su sellado.

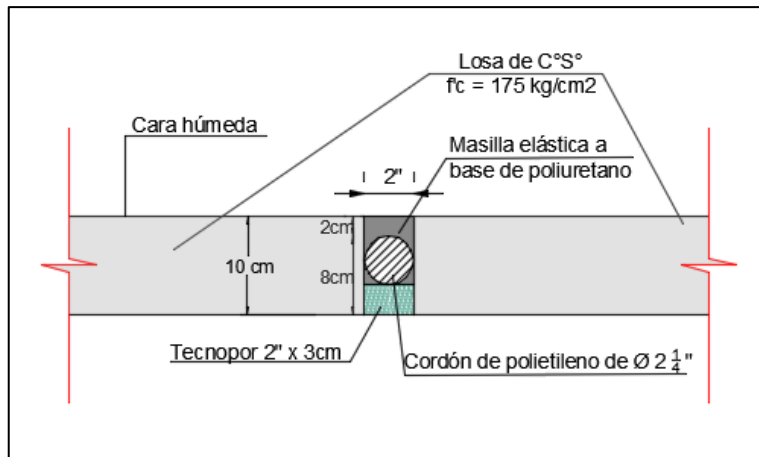
El mejoramiento de la base del canal; cabe indicar que teniendo en cuenta la presencia de un nivel freático cercano a la rasante del canal, se prevé, la implementación de material por debajo de la base del canal, solo en los tramos 1, 16, 17 y 21, la profundidad por debajo de la base del canal es de 45 cm., el cual estará compuesto por 3 capas, la primera capa lo compone un filtro de 20 cm. de altura que contiene piedras de 1 1/2 pulgadas a 2 pulgadas de diámetro, la segunda una capa de arena gruesa de 10 cm. de altura, y la última capa de 15 cm. de material de afirmado.



**Figura 38: Sección de los tramos a reponer con refuerzo en la base**



**Figura 39: Sección de los tramos a reponer sin refuerzo en la base**





**Figura 40: Detalle de junta de dilatación 2 pulgadas**

#### 5.4.5.4. Diseño hidráulico de los 19 paños

Los 19 paños a estabilizar, tienen una suma total de longitud de 359.30 m, estos paños se encuentran a lo largo del canal Integrador Santa San Bartolo, y van a tener que ser rellenados en cada sección con material de préstamo.

#### - Descripción técnica de los 19 paños a estabilizar (L: 359.30 m)



Estructura: Canal Integrador Santa San Bartolo	Ubicación: Variable
	
Vista: 01	Vista: 02
<p>Condición Actual:</p> <p><input type="checkbox"/> Estructural : Estructura de tierra</p> <p><input type="checkbox"/> Hidráulica : Pérdida de material granular por erosión</p>	

**- Actividad a realizar**

Estabilización de los paños dañados, en 19 tramos de longitud variable. A lo largo del Canal Integrador Santa San Bartolo existe la posibilidad del colapso del canal de concreto existente, debido a la pérdida del material granular en la plataforma del canal, producto de diferentes acciones que perjudican al canal.

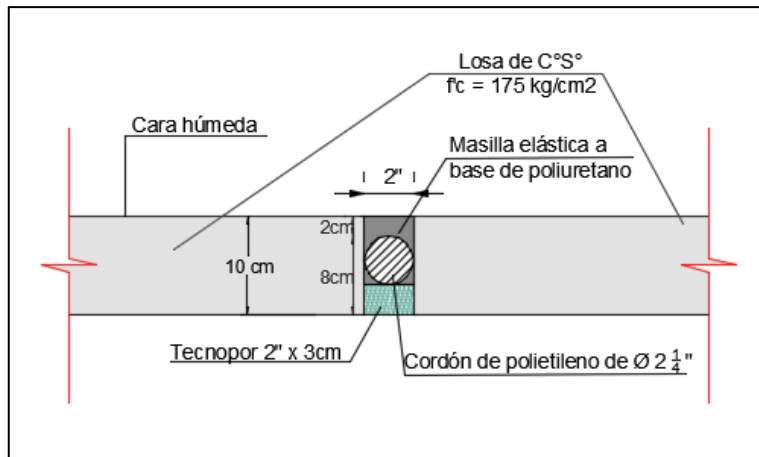
**- Reposición de juntas de contracción en el canal Integrador Santa San Bartolo**

Como última acción propuesta para la solución a la problemática se tiene la reposición de todas las juntas que aún no han sido intervenidas.

Estructura: Canal Integrador Santa San Bartolo	Ubicación: Variable
 <p data-bbox="459 1227 579 1261">Vista: 01</p>	 <p data-bbox="1050 1227 1169 1261">Vista: 02</p>
<p>Condición Actual:</p> <p><input type="checkbox"/> Estructural : Junta de 2” con cordón de polietileno de 2”</p> <p><input type="checkbox"/> Hidráulica : Pérdida de agua por infiltración</p>	

**- Actividad a realizar**

A lo largo del Canal Integrador Santa San Bartolo, desde la Progresiva Km. 4+283 hasta la progresiva Km. 9+ 347 se realizará el recambio de todas las juntas de contracción, para lo cual se realizará el limpiado de todas las juntas para luego colocar un cordón de Polietileno de 2 1/4” con una masilla elástica de poliuretano como sello, según el siguiente detalle:



**Figura 41: Junta de contracción a reponer en tramos no intervenidos**

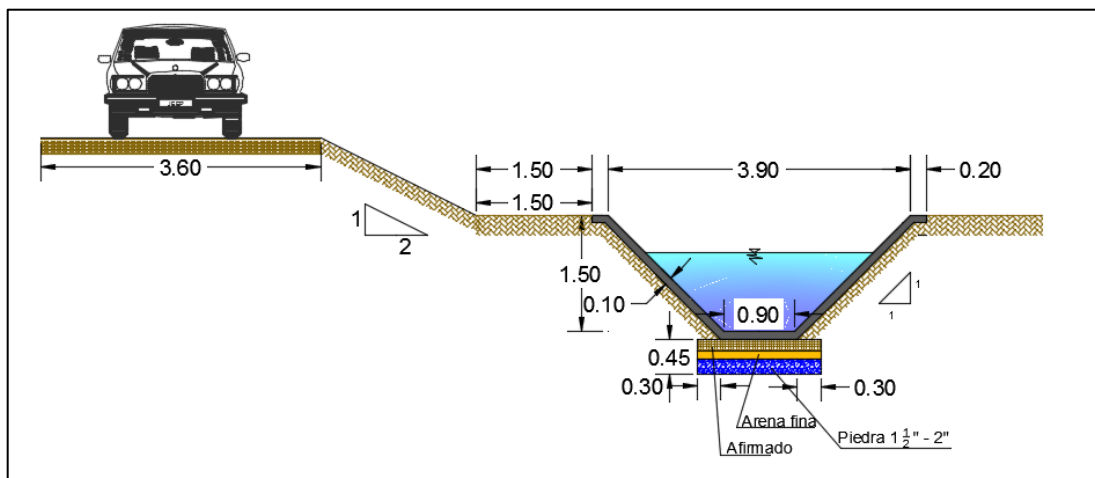
**- Habilitación del camino de vigilancia**

Paralelamente al canal, existe un camino de acceso vehicular y peatonal que se conoce como camino de vigilancia, esto para poder realizar los trabajos de operación y mantenimiento. Dicho camino se encontró inaccesible en varios tramos del canal, tanto como para la circulación de vehículos y el tránsito peatonal.

**- Actividad a realizar**

Se propone realizar la habilitación del camino de acceso en un total de 1.24 Km., dicho camino en sentido paralelo al canal Integrador Santa San Bartolo desde la progresiva Km. 6+800 a la progresiva Km. 8+040

En la figura 42, se puede observar el tipo de camino que se propone para mejorar el acceso y poder realizar los trabajos de mantenimiento del canal.



**Figura 42: Sección típica del camino a habilitar**

## 5.4.6. Modelamiento hidráulico con HEC-RAS

### 5.4.6.1. Análisis

Los datos del levantamiento topográfico se analizarán con ayuda del software AutoCad Civil 3D, para luego poder realizar el trazo del alineamiento del canal.

Los datos como el caudal y velocidades se analizaron por medio de hojas de cálculo con la ayuda del Excel cuyos formatos contienen las fórmulas necesarias, luego con la ayuda del AutoCAD Civil 3D junto con la topografía y secciones transversales hechas al alineamiento; esta data, se exporta al software HEC-RAS para simular individualmente cada sección, asimismo, se realizó una simulación general para analizar el comportamiento y características del canal.

### 5.4.6.2. Desarrollo del modelamiento del canal

Primeramente, se exporta la información topográfica y las secciones transversales del canal mediante el AutoCad Civil 3D al HEC-RAS.

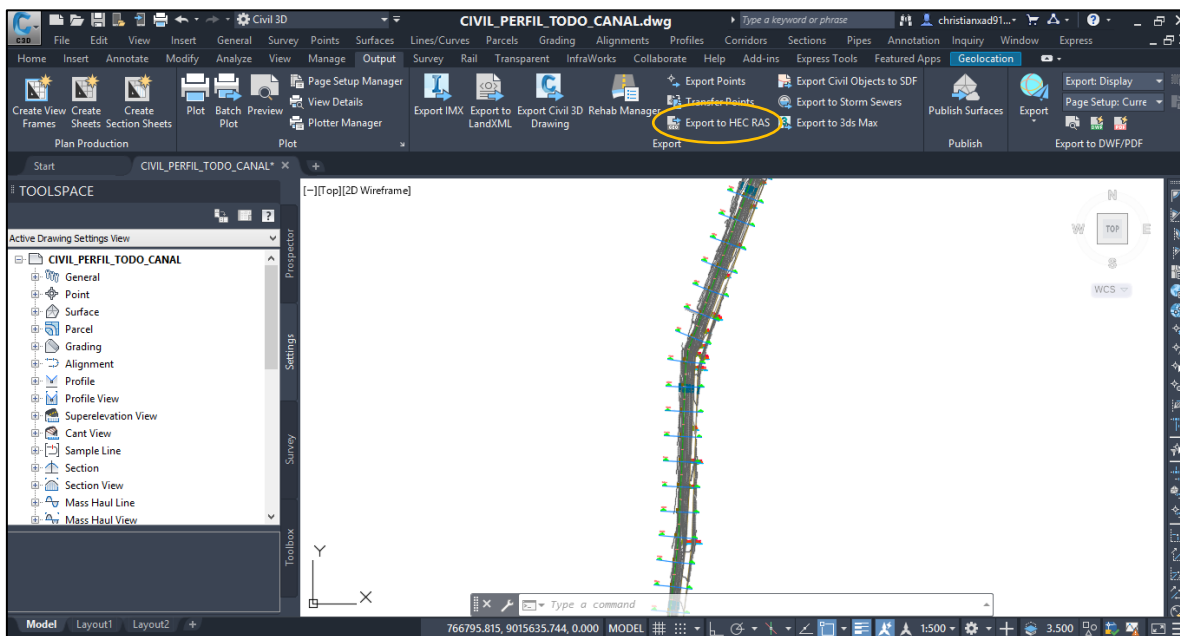


Figura 43: Exportación de las secciones de AutoCad Civil 3D al HEC-RAS



Seguidamente, se abre el software HEC-RAS y se crea un nuevo proyecto, se recomienda crear una carpeta y guardarlo en el disco (C) o disco (D).

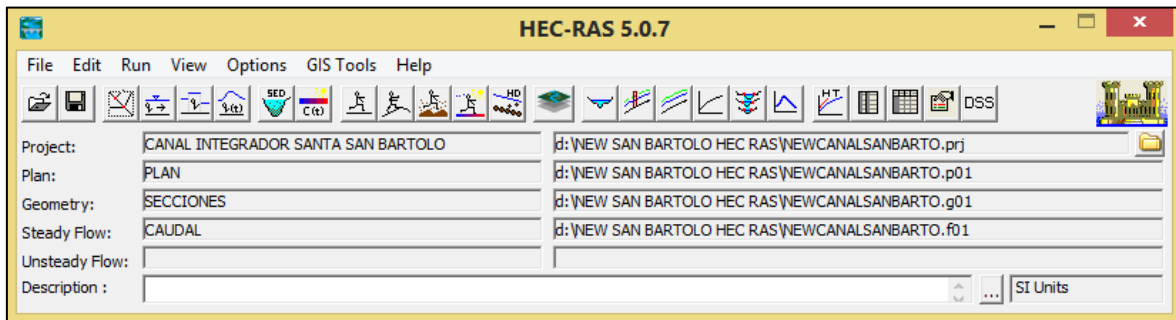


Figura 44: Creación del proyecto en HEC-RAS

Después, se importa la data geométrica, que para este caso sería lo exportado del AutoCad Civil 3D, esto con el fin de obtener la topografía en forma de secciones transversales en el HEC-RAS.

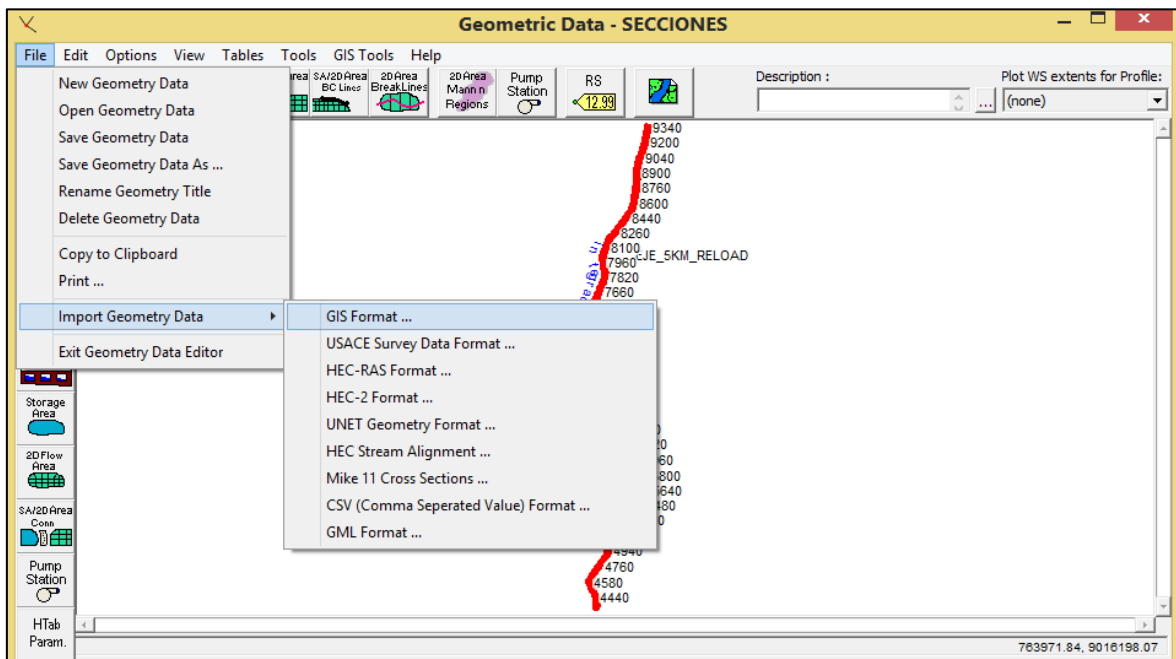
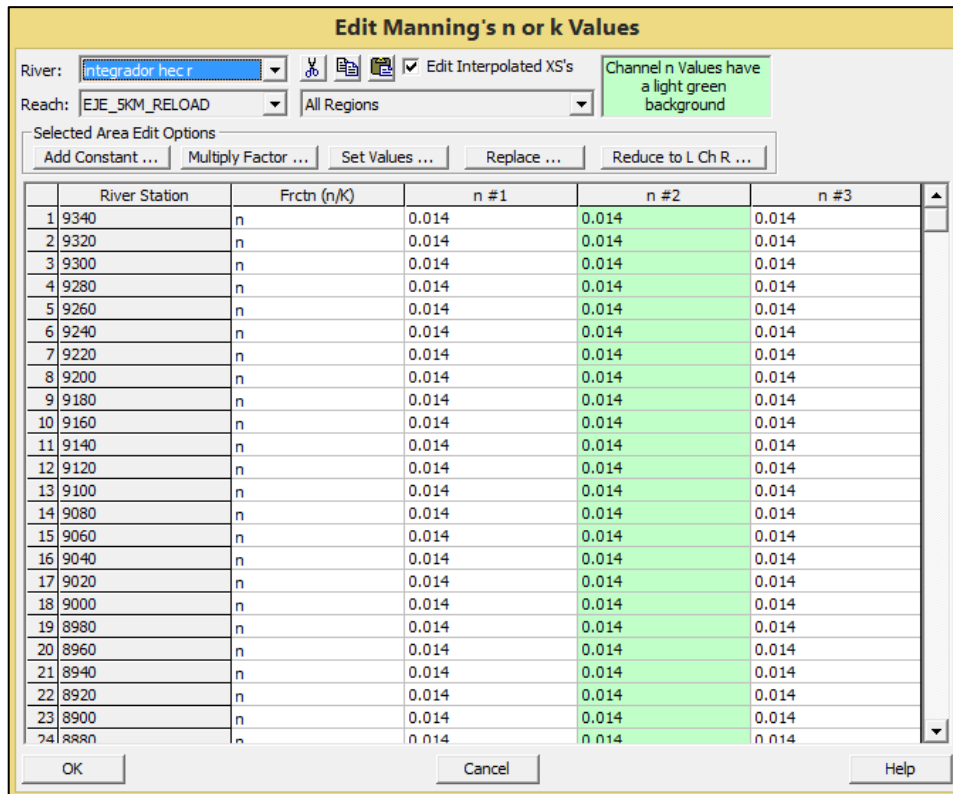


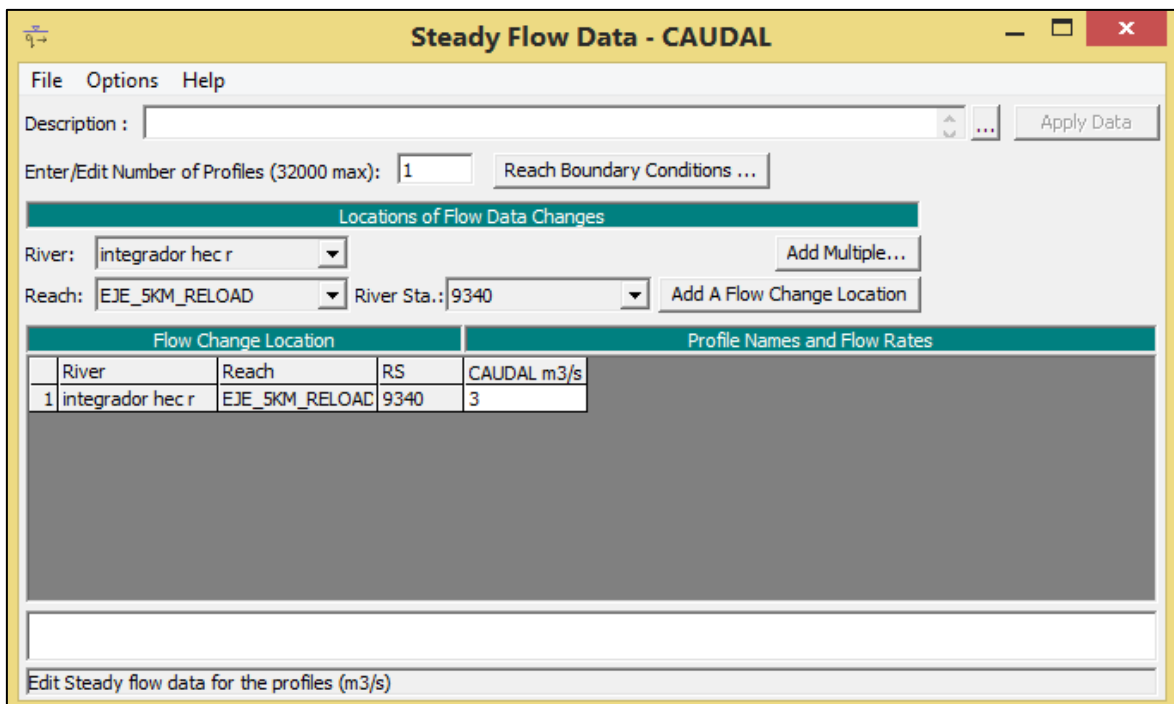
Figura 45: Importación de la data geométrica

También, se introduce el coeficiente de Manning, que para este caso sería de un valor de 0.014 tal como se muestra en la figura 46.



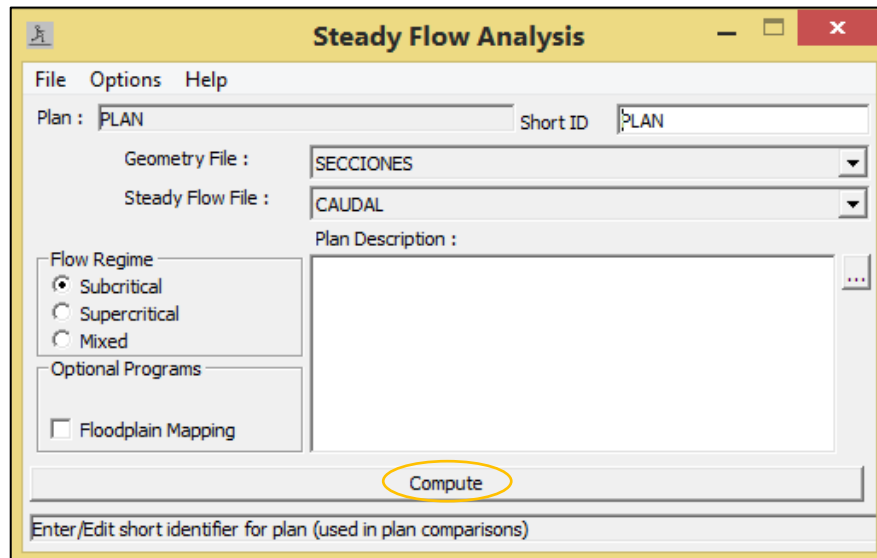
**Figura 46: Ingreso del coeficiente de Manning**

Ingreso de datos del flujo mediante la herramienta Steady Flow Data, en el cual se ingresó el caudal de 3.00 m<sup>3</sup>/s, la pendiente promedio de 0.0035, selección de flujo permanente.



**Figura 47: Ingreso del caudal de diseño y la pendiente**

Ingresa a Steady Flow Analysis, y crea un plan, luego selecciona el régimen de flujo, para posteriormente correr con Compute.



**Figura 48: Creación del plan para computarizar la data**

Finalmente, se obtiene los resultados gráficos, tal como se muestra en el capítulo de resultados.

### 5.4.7. Modelamiento visual 3D

Para el modelamiento visual en 3D, se usaron los softwares, AutoCad Civil 3D, Revit, Sketchup y Lumion.

Se inicia con el software AutoCad Civil 3D para obtener las superficies y solidos del canal Integrador Santa San Bartolo obtenidos de los diseños realizados previamente. Luego, se exporta las superficies y sólidos en formato (.dwg) para poder ser importado por Revit.

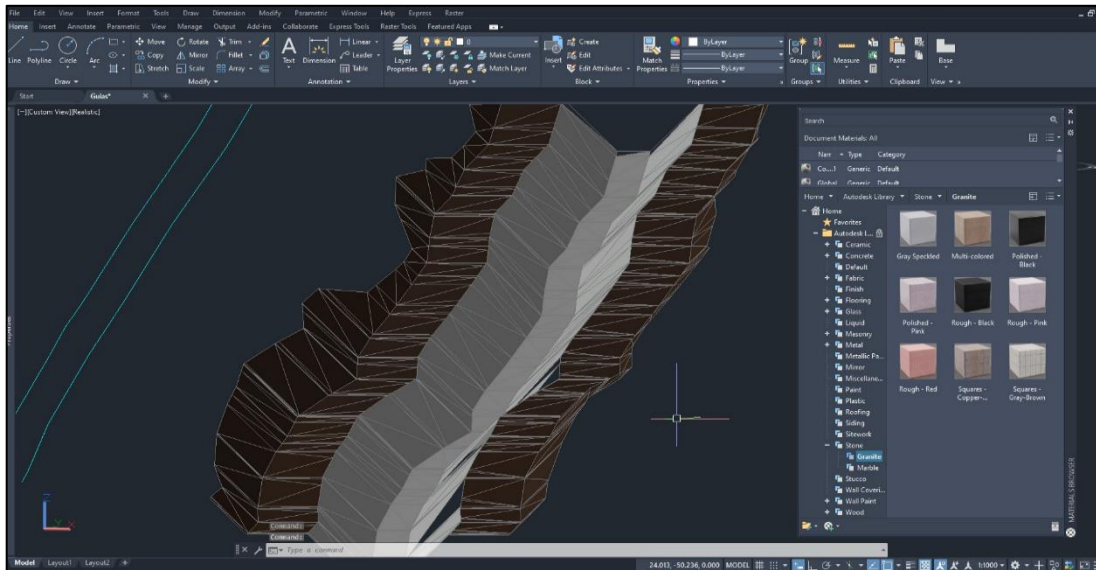


Figura 49: Utilización del software AutoCad Civil 3D para el modelamiento visual 3D

Se utiliza Revit para definir mejor el dibujo de las estructuras como compuertas y losas para luego ser exportado en formato (.OBJ) y poder ser importado por Sketchup.

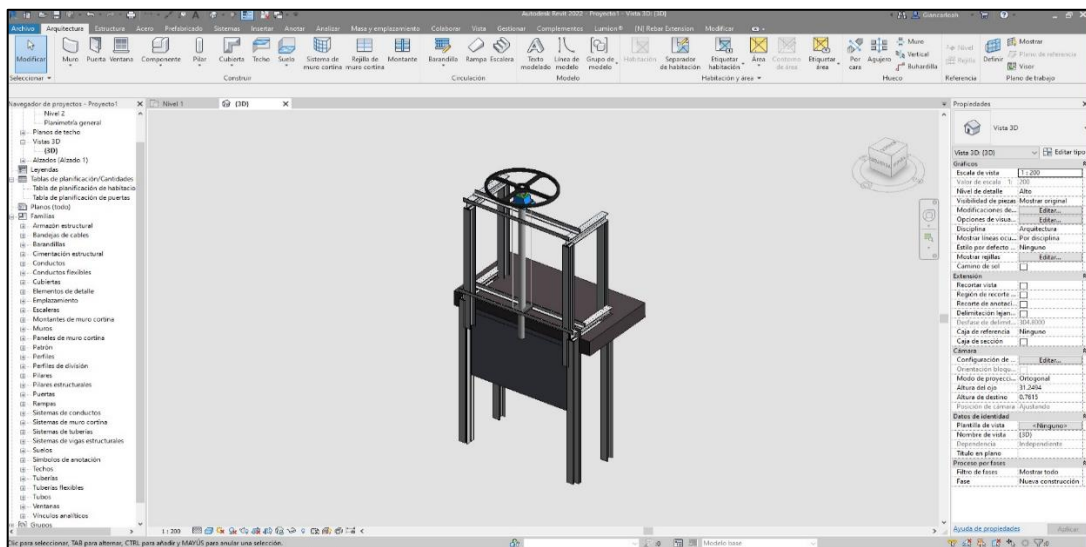
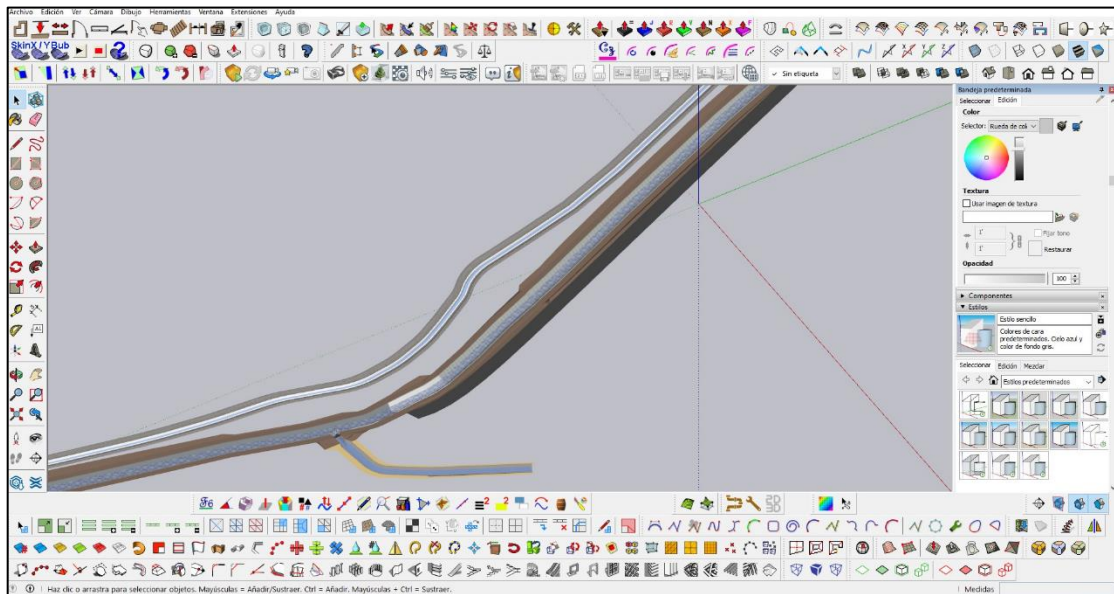


Figura 50: Utilización del software Revit para el modelamiento visual 3D

Se utiliza Sketchup para implementar detalles como materiales y degradados de texturas, seguidamente, se exporta en formato (.SKP).



**Figura 51: Utilización del software Sketchup para el modelamiento visual 3D**

Con el software Lumion se importa todos los archivos con los formatos mencionados, es en este software donde se ambienta el entorno a base de luces, vegetación, montañas, agua, neblina, etc., simulando una realidad cercana al proyecto, finalmente se realiza el renderizado para tener como producto final las imágenes que se mostraran posteriormente.



**Figura 52: Utilización del software Lumion para el modelamiento visual 3D**

## 5.5. Resultados

### 5.5.1. Resultados topográficos de gabinete

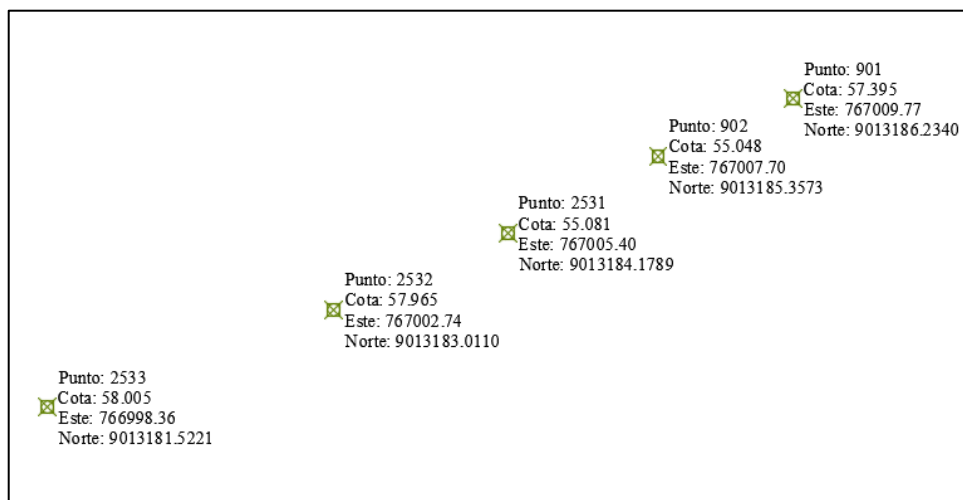
Esta etapa consiste en el procesamiento de la información obtenida en campo, para posteriormente trabajarlo en gabinete.

Una vez realizados los trabajos de campo, la información fue evaluada, y se procesó mediante el software AutoCad Civil 3D v. 2018, para la obtención de curvas de nivel, perfiles longitudinales y secciones transversales.

La metodología para la obtención de las curvas de nivel fue la siguiente:

En primer lugar, se editó las coordenadas UTM en una hoja Excel de los 2852 puntos obtenidos con el GPS diferencial en campo, es decir tener las coordenadas este, norte, cota y su respectiva descripción.

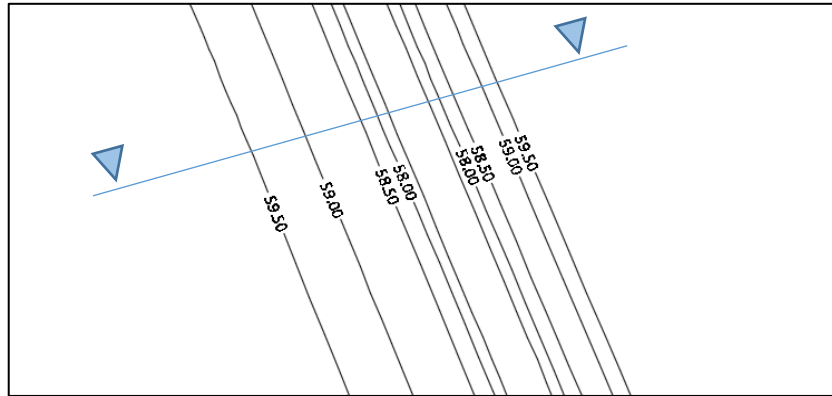
En segundo lugar, se generó puntos con la información de coordenadas UTM mediante el software AutoCAD Civil 3D, tal como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 53: Procesamiento de puntos mediante el software autocad civil 3d**

Por último, con los puntos que contienen información de coordenadas UTM, ya ubicados en el AutoCAD Civil 3D, teóricamente se debería interpolar las cotas para poder generar las curvas de nivel, sin embargo, gracias al software mencionado, las curvas de nivel se generan de forma automática.

Se debe dejar en claro que las curvas de nivel definen la superficie del terreno, dicho esto, al momento de realizar el levantamiento topográfico, se efectuó de manera precisa y correctamente.

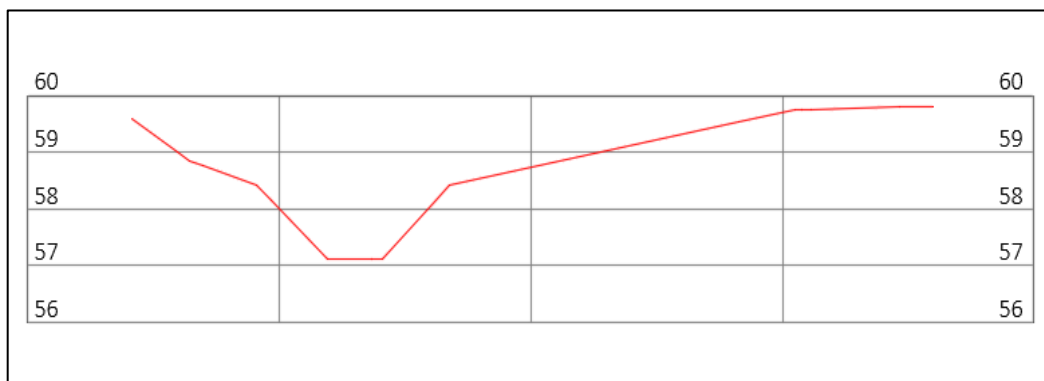


**Figura 54: Vista de planta de las curvas de nivel del canal existente**

Las curvas de nivel representan la topografía real de terreno de trabajo, ellas generan una superficie en la cual se realizan los trabajos a nivel de ingeniería, se obtienen cotas, secciones transversales, pendientes, movimiento de tierras, además, la superficie que se genera se emplea para realizar el modelamiento hidráulico con el software HEC RAS.

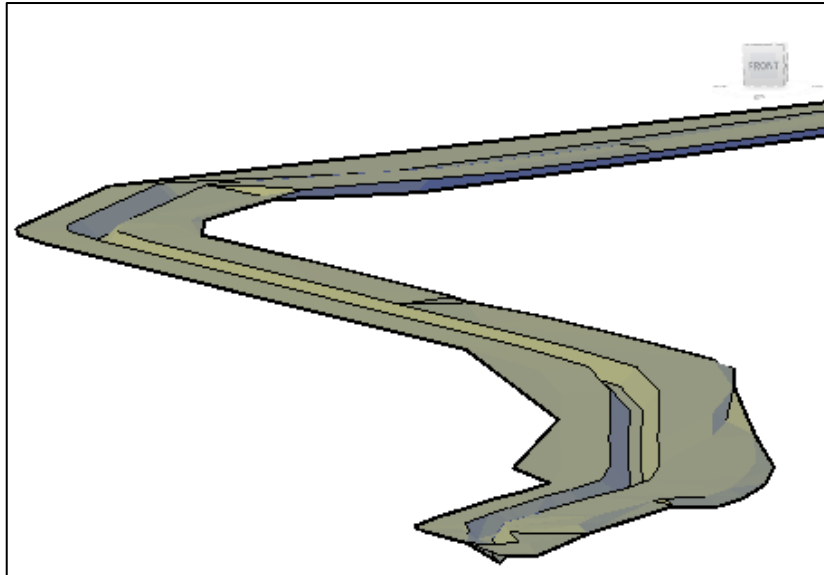
Con las pendientes que se obtienen de las curvas de nivel, es posible realizar el diseño hidráulico, la cual se desarrolla más adelante.

De hecho, se muestra una sección transversal del terreno real, que, en este caso particular, para este estudio es un canal ya existente por lo que se debería observar una sección trapezoidal, la línea roja continua representa el terreno real, en casos de levantamientos topográficos en canales no existentes se observaría una línea horizontal inclinada.



**Figura 55: Vista de la sección transversal del canal existente**

La ventaja del software AutoCAD Civil 3D, es permitir ver la topografía real del área de estudio, lo cual permitió realizar el diseño hidráulico y representarlo con mayor precisión. Las estructuras involucradas al canal se proyectaron y diseñaron de una manera eficaz gracias al excelente levantamiento topográfico y procesamiento en el software.



**Figura 56: Vista tridimensional del terreno natural**

De la misma forma, se realizó el levantamiento topográfico a detalle en la zona donde se ubica el dren partidor, en la progresiva Km. 7+934, esto a fin de tener mayor eficacia al momento de realizar el diseño. El dren partidor era un canal rustico de sección rectangular irregular sin revestir. Es importante indicar, que cuando se refiere a dren partidor, se considera una estructura independiente que se conecta al canal Integrador Santa San Bartolo.

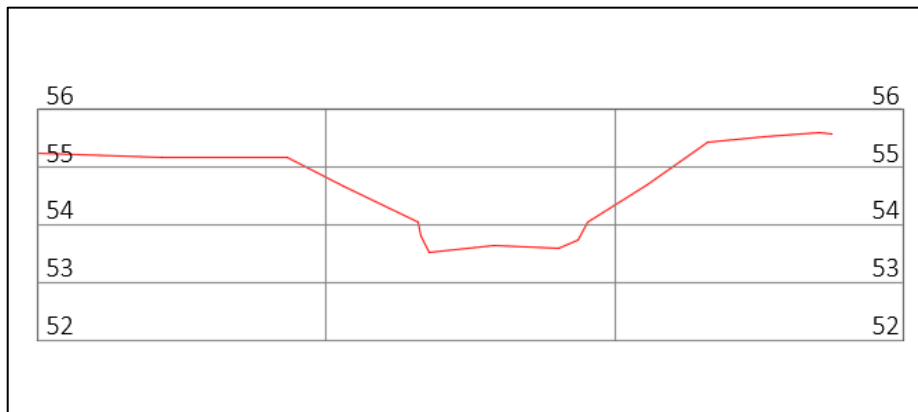


**Figura 57: Vista aérea del dren partidor**





**Figura 58: Vista de planta de las curvas de nivel del dren partidor**



**Figura 59: Vista de la sección transversal del dren partidor**

Para concluir con respecto a la evaluación topográfica, el trabajo de campo fue realizado satisfactoriamente y ello se puede apreciar en los resultados mostrados, puesto que, se obtuvo la topografía del terreno como se esperaba.

La topografía es la parte primordial e importante para cualquier proyecto de ingeniería, es por ello que se recomienda realizarlo de una manera correcta, ya que de ello depende la precisión en los resultados de los diseños hidráulicos, de no ser así, se generará diseños deficientes por lo que se podría tener complicaciones al momento de ser ejecutada dicha estructura, además, de generar variaciones desfavorables en el presupuesto.

### 5.5.2. Resultado de ensayos geotécnicos

Durante la descripción de suelos, se han seleccionado muestras afectadas por la geodinámica externa (alteradas), representativas las cuales debidamente etiquetadas se remitieron al laboratorio para los ensayos correspondientes de identificación y clasificación de suelos, así como normas utilizadas para cada ensayo. En la siguiente tabla se presenta los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos efectuados:

**Tabla 22: Resultados de ensayo de laboratorio**

Calicata	Muestra	Prof. (m)	W%	SUCS	Esfuerzo de corte máximo (Kg/cm <sup>2</sup> )
Calicata N° 1	M-1	0.10 -1.50	35.23%	ML	0.54
Calicata N° 2	M-1	0.10 – 0.80	35.44%	MH	0.47
Calicata N° 3	M-1	0.07 – 1.50	32.90%	ML	0.51
Calicata N° 4	M-1	0.20 - 1.50	33.11%	SP-SM	0.53

Donde:

W%: Contenido de humedad

SUCS: Clasificación de suelos

Los ensayos de mecánica de suelos se han efectuado, en el laboratorio de EMSGEO, Estudio de Mecánica de Suelos y Geotécnico de Suelos, ubicado en ICA y realizados según las normas de la American Society for Testing and Material (ASTM), Normas Técnicas Peruanas (NTP) y NTE - E050.

Los ensayos realizados se mencionan a continuación:

- Clasificación de suelos SUCS
- Corte directo, ASTM D-3080
- Humedad natural, ASTM D-2216
- Ensayo de compactación
- Otros

**Tabla 23: Parámetros geotécnicos de suelos**

Calicatas	Calicata N°1	Calicata N°2	Calicata N°3	Calicata N°4
Tipo de Suelo (SUCS)	Limos Inorgánicos (ML)	Limos Inorgánicos (MH)	Limos Inorgánicos (ML)	Suelo Grueso, arenoso y gravoso (SP-SM)
Nombre	C-1	C-2	C-3	C-4
Densidad Natural (Ton/m3)	1.39	1.4	1.39	1.55
Angulo de fricción interna (°)	32.7°	28.00	32.40	34.20
Cohesión (Ton/m2)	0.0192	0.0203	0.0191	0.0221
Ancho de zapata B (m)	1.0	1.0	1.0	1.0
Profundidad Df (m)	0.6	0.6	0.6	0.8
Factores de carga.	Nc	21.75	16.56	20.27
	Nq	10.23	6.7	9.19
Vesic, 1973	N $\gamma$	6	3.07	5.09
qu	Ton/m2	16.32	9.64	14.41
qad (estático)	Ton/m2	5.44	3.21	4.80
Asentamiento $\Delta i$ (cm)		1.1623	0.8	1.026
Módulo de deformación (elasticidad) (kg/cm2)		700	600	700
Coefficiente de fricción (contacto con concreto)		0.5	0.55	0.45

Los resultados de carga admisible se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 24: Resultados de carga admisible**

Sector	Tipo de suelo	$\Phi$ (°)	c (Ton/m2)	qult (Ton/m2)	qa (Ton/m2)	Df (m)
Canal Integrador Santa San Bartolo	ML	32.7°	0.0192	16.32	5.44	0.6
	MH	28.00	0.0203	9.64	3.21	0.6
	ML	32.40	0.0191	14.41	4.80	0.6
	SP-SM	34.20	0.0221	21.74	7.25	0.8

De la tabla 24, se concluye que la carga admisible va desde los 4.80 ton/m2 hasta los 7.25 ton/m2, lo cual indica que se tiene un suelo apto para diseñar las estructuras proyectadas y posteriormente poder ejecutarlas. A la vez, también se calculó el asentamiento tomando

como referencia la teoría de la elasticidad (Lambe y Whitman, 1994), por tanto, el asentamiento máximo para la cimentación corrida calculada en esta zona, está en el orden de 2.57 cm., por lo que, no se presentarán problemas por asentamiento.

### 5.5.3. Resultado de análisis de agua

Los resultados del análisis de agua de las muestras tomadas dentro del ámbito de estudio, han sido referidos a cationes, aniones, conductividad eléctrica, sodio y pH. Tal como se muestra en la tabla 25.

**Tabla 25: Resultado de análisis de agua**

Parámetro	Unidad	Valor
Salinidad		
CE	(dS/m)	0.54
Sólidos en Suspensión	ppm	105.00
Cationes y Aniones		
<u>Cationes</u>		
Calcio	(meq/l)	2.66
Magnesio	(meq/l)	0.85
Sodio	(meq/l)	2.26
Potasio	(meq/l)	0.08
Suma de Cationes		5.85
<u>Aniones</u>		
Cloruro	(meq/l)	1.20
Sulfato	(meq/l)	2.81
Bicarbonato	(meq/l)	1.82
Carbonatos	(meq/l)	0.00
Nitratos	(meq/l)	0.03
Suma de Aniones		5.86
Varios		
Boro	ppm	0.29
Sodio	%	38.65
PH		7.30
RAS		1.71
Clasificación		C2-S1

Luego del resultado del análisis de agua, se procede a la evaluación de la calidad del agua con fines agrícolas.

Según los resultados obtenidos, las aguas de clase C2-S1, nos indican que son aguas de una calidad media, ideales para el uso en riego, aunque se debe tener en consideración que las plantas deben tener una resistencia moderada a las sales debido a lo siguiente:

El primer término de la clase es C2 que corresponde a un valor de salinidad medio y las plantas sensibles pueden mostrar estrés a sales; moderada lixiviación para prevenir la acumulación de sales en el suelo.

Además, la presencia de sodio en el agua a un 38.65% según los estándares empleados en el laboratorio, no representan peligro para la permeabilidad del suelo, esta interpretación se basa en los estándares elaborados por la Universidad de California, Comité of Consultants 1974.

De los resultados, se desprende que todos los parámetros hallados en las muestras de agua se encuentran dentro de los límites permisibles; motivo por el cual se puede concluir que las aguas estudiadas son aptas para fines de riego.

#### 5.5.4. Dotación hídrica

Según el planteamiento hidráulico, el servicio que presta el canal está distribuido a 6 bloques de riego, donde cada uno de estos bloques cuenta con una dotación de agua mensual autorizada con Resolución Administrativa otorgada por la ANA, es así que el canal integrador tendrá que cubrir estas dotaciones hasta por un volumen anual de 30.74 MMC al año y un caudal máximo de 1.60 m<sup>3</sup>/s para el mes de febrero para un total de 1,337.06 Has bajo riego según la siguiente tabla:

**Tabla 26: Dotación hídrica**

Bloque de riego Mes	San Luis Estefanía	Primavera	Huamanchacate	La Huaca	San Dionicio	El Castillo	Total (mmc)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
Ene	0.48	0.27	0.22	0.35	1.40	1.16	3.88	1.45
Feb	0.38	0.25	0.22	0.39	1.35	1.25	3.84	1.60
Mar	0.23	0.17	0.19	0.37	1.26	1.17	3.39	1.27
Abr	0.16	0.06	0.11	0.27	0.83	0.79	2.22	0.86
May	0.36	0.14	0.10	0.19	0.55	0.55	1.89	0.71
Jun	0.43	0.14	0.09	0.25	0.42	0.38	1.71	0.66
Jul	0.38	0.17	0.12	0.26	0.48	0.52	1.93	0.72
Ago	0.34	0.16	0.12	0.23	0.55	0.64	2.04	0.76
Set	0.26	0.12	0.12	0.21	0.68	0.72	2.11	0.81
Oct	0.24	0.13	0.12	0.22	0.76	0.77	2.24	0.84
Nov	0.26	0.14	0.13	0.20	0.83	0.71	2.27	0.88
Dic	0.39	0.22	0.18	0.25	1.21	0.97	3.22	1.20
<u>Total</u>	3.91	1.97	1.72	3.19	10.32	9.63	30.74	
Has	171.15	85.46	74.61	139.10	448.42	418.32	1337.06	

Cabe indicar que los datos de volúmenes anuales, caudales y las áreas de cada bloque de riego, son obtenidos de las autorizaciones de licencia de uso de agua superficial provenientes del Río Santa con fines agrarios a favor de la Comisión de Regantes Canal Santa de la Junta de Usuarios del Sub Distrito de Riego Santa, con Resolución Administrativa N°187-2013-ANA-AAA.HCH-ALA.SLN.

Para el cálculo de la demanda de agua por cultivo no se considera la precipitación efectiva, debido a que no existen lluvias considerables en el área de estudio, además, los cálculos se aprecian en las siguientes tablas:

### 5.5.5. Demanda de agua para riego

**Tabla 27: Demanda de agua para riego en el cultivo de arroz con proyecto**

	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Eto	mm	91.14	80.08	79.67	76.80	91.45	93.00	101.68	104.78	100.50	104.47	98.40	96.72
Kc del cultivo		0.40	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.90	0.90	0.90
Uso consuntivo	mm	36.46	76.08	75.69	72.96	86.88	88.35	96.60	99.54	95.48	94.02	88.56	87.05
Precip. Efectiva	mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Requer. lamina	mm	36.46	76.08	75.69	72.96	86.88	88.35	96.60	99.54	95.48	94.02	88.56	87.05
Requer. volumen	m <sup>3</sup> /ha	3646	7608	7569	7296	8688	8835	9660	9954	9448	9402	8856	8705
Eficiencia de riego		0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Número de Horas	hrs	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
Módulo de Riego	l/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.66	0.98	1.20	1.19	0.78	0.10	0.10	0.00
Área total	ha	51.62	51.62	51.62	51.62	51.62	51.62	51.62	51.62	51.62	51.62	51.62	51.62
Caudal demandado	l/s	260.25	543.05	540.27	520.78	620.14	630.63	689.52	710.50	674.39	671.10	632.13	621.35

**Tabla 28: Demanda de agua para riego en el cultivo de trigo con proyecto**

	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Eto	mm	91.14	80.08	79.67	76.80	91.45	93.00	101.68	104.78	100.50	104.47	98.40	96.72
Kc cultivo		0.40	0.70	1.10	0.80	0.50	0.25						
Uso consuntivo	mm	36.46	56.06	87.64	61.44	45.73	23.25						
Precip. Efectiva	mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Requer. lamina	mm	36.46	56.06	87.64	61.44	45.73	23.25						
Requer. volumen	m <sup>3</sup> /ha	3646	5606	8764	6144	4573	2325						
Eficiencia de riego		0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Número de Horas	hrs	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
Módulo de Riego	l/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.08						
Área total	ha	61.58	61.58	61.58	61.58	61.58	61.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Caudal demandado	l/s	260.25	400.15	625.56	438.55	326.41	165.96						

**Tabla 29: Demanda de agua para riego en el cultivo de cebada con proyecto**

	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Eto	mm	91.14	80.08	79.67	76.80	91.45	93.00	101.68	104.78	100.50	104.47	98.40	96.72
Kc del cultivo		0.40	0.70	1.10	0.80	0.50	0.25						
Uso consuntivo	mm	36.46	56.06	87.64	61.44	45.73	23.25						
Precip. Efectiva	mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Requer. lamina	mm	36.46	56.06	87.64	61.44	45.73	23.25						
Requer. volumen	m <sup>3</sup> /ha	3646	5606	8764	6144	4573	2325						
Eficiencia de riego		0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Número de Horas	hrs	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
Módulo de Riego	l/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.08						
Área total	ha	16.27	16.27	16.27	16.27	16.27	16.27						
Caudal demandado	l/s	260.25	400.15	625.56	438.55	326.41	165.96						

**Tabla 30: Demanda de agua para riego en el cultivo de caña con proyecto**

	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Eto	mm	91.14	80.08	79.67	76.80	91.45	93.00	101.68	104.78	100.50	104.47	98.40	96.72
Kc cultivo			0.50	0.70	1.10	0.90	0.70						
Uso consuntivo	mm		40.04	55.77	84.48	82.31	65.10						
Precip. Efectiva	mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Requer. lamina	mm		40.04	55.77	84.48	82.31	65.10						
Requer. volumen	m <sup>3</sup> /ha		4004	5577	8448	8231	6510						
Eficiencia de riego		0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Número de Horas	hrs	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
Módulo de Riego	l/s		0.00	0.00	0.00	0.60	0.66						
Área total	ha	0.00	161.83	161.83	161.83	161.83	161.83		239.23	239.23	239.23	239.23	239.23
Caudal demandado	l/s		285.80	398.08	603.01	587.52	464.67						

**Tabla 31: Demanda de agua para riego en el cultivo de maíz con proyecto**

	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Eto	mm	91.14	80.08	79.67	76.80	91.45	93.00	101.68	104.78	100.50	104.47	98.40	96.72
Kc cultivo		1.00	0.90	0.75	0.50							0.68	1.00
Uso consuntivo	mm	91.14	72.07	59.75	38.40							66.91	96.72
Precip. Efectiva	mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Requer. lamina	mm	91.14	72.07	59.75	38.40							66.91	96.72
Requer. volumen	m <sup>3</sup> /ha	9114	7207	5975	3840							6691	9672
Eficiencia de riego		0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Número de Horas	hrs	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
Módulo de Riego	l/s	0.00	0.00	0.00	0.00							0.00	0.08
Área total	ha	302.25	302.25	302.25	302.25							302.25	302.25
Caudal demandado	l/s	650.54	514.43	426.49	274.10							477.59	690.37

**Tabla 32: Demanda de agua para riego en el cultivo de papa con proyecto**

	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Eto	mm	91.14	80.08	79.67	76.80	91.45	93.00	101.68	104.78	100.50	104.47	98.40	96.72
Kc del cultivo		0.40							0.40	0.70	1.00	0.80	0.65
Uso consuntivo	mm	36.46							41.91	70.35	104.47	78.72	62.87
Precip. Efectiva	mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Requer. lamina	mm	36.46							41.91	70.35	104.47	78.72	62.87
Requer. volumen	m <sup>3</sup> /ha	3646							4191	7035	10447	7872	6287
Eficiencia de riego		0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Número de Horas	hrs	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
Módulo de Riego	l/s	0.00							0.39	0.43	0.24	0.00	0.00
Área total	ha	419.39	292.94	292.94	292.94	292.94	292.94	292.94	419.39	419.39	419.39	419.39	419.39
Caudal demandado	l/s	260.25							299.15	502.15	745.69	561.89	448.76

**Tabla 33: Demanda de agua para riego en el cultivo de rotación maíz con proyecto**

	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Eto	mm	91.14	80.08	79.67	76.80	91.45	93.00	101.68	104.78	100.50	104.47	98.40	96.72
Kc ponderado		0.00	0.68	1.00	1.00	0.90	0.75	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Uso consuntivo	mm	0.00	54.45	79.67	76.80	82.31	69.75	50.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Precip. Efectiva	mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Requer. lamina	mm	0.00	54.45	79.67	76.80	82.31	69.75	50.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Requer. volumen	m <sup>3</sup> /ha	0.00	5445	7967	7680	8231	6975	5084	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Eficiencia de riego		0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Número de Horas	hrs	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
Módulo de Riego	l/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.72	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Área total	ha		90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00					
Caudal demandado	l/s	0.00	119.41	174.72	168.42	180.50	152.96	111.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



**Tabla 34: Demanda de agua para riego en el cultivo de rotación papa con proyecto**

	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Eto	mm	91.14	80.08	79.67	76.80	91.45	93.00	101.68	104.78	100.50	104.47	98.40	96.72
Kc ponderado		0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.70	1.00	0.80	0.65
Uso consuntivo	mm	36.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	41.91	70.35	104.47	78.72	62.87
Precip. Efectiva	mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Requer. lamina	mm	36.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	41.91	70.35	104.47	78.72	62.87
Requer. volumen	m <sup>3</sup> /ha	3646	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4191	7035	10447	7872	6287
Eficiencia de riego		0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Número de Horas	hrs	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
Módulo de Riego	l/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.43	0.24	0.00	0.00
Área total	ha	73.50						0.00	73.50	73.50	73.50	73.50	73.50
Caudal demandado	l/s	79.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	91.91	154.28	229.10	172.63	137.83

En las tablas anteriores se puede visualizar el cálculo de la demanda de agua por cultivo y cultivo de rotación, el cual nos da un caudal máximo para el mes de marzo de 2.80 m<sup>3</sup>/s, tal como se muestra en la tabla siguiente:

**Tabla 35: Caudal de demanda del área de estudio**

Cultivo	Caudal de demanda de agua (L/S)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
Arroz	260.3	543.1	540.3	520.8	620.1	630.6	689.5	710.5	674.4	671.1	632.1	621.4	
Trigo	260.3	400.2	625.6	438.6	326.4	166							
Cebada	260.3	400.2	625.6	438.6	326.4	166							
Caña		285.8	398.1	603	587.5	464.7							
Maíz	650.5	514.4	426.5	274.1							477.6	690.4	
Papa	260.3							299.2	502.2	745.7	561.9	448.8	
Rotación de Maíz		119.4	174.7	168.4	180.5	153	111.5						
Rotación de Papa	79.96							91.91	154.3	229.1	172.6	137.9	
Total (l/s)	1771	2263	2791	2443	2041	1580	801	1102	1331	1646	1844	1898	
Q (m <sup>3</sup> /s)	1.771	2.263	<b>2.791</b>	2.443	2.041	1.58	0.801	1.102	1.331	1.646	1.844	1.898	
Volumen (MMC)	4.745	5.475	<b>7.475</b>	6.333	5.467	4.096	2.145	2.95	3.449	4.408	4.78	5.085	

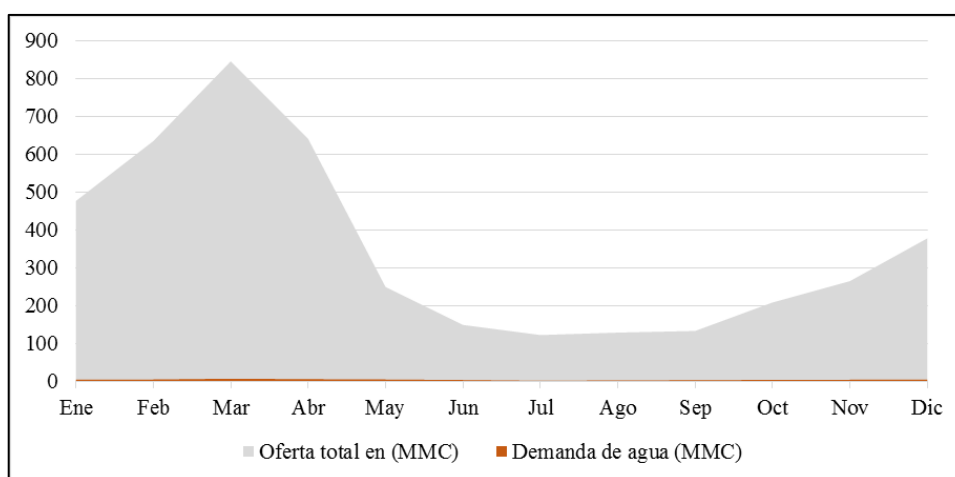
El canal tiene un caudal de diseño de 3.00 m<sup>3</sup>/seg, que se reserva en conformidad a resolución del ANA (Autoridad Nacional del Agua).

### 5.5.6. Balance hídrico

De la misma forma, se realizó el balance hídrico entre la dotación mensual asignada y la demanda de agua del proyecto, pudiéndose entonces determinar que la cantidad de agua asignada de 3.00 m<sup>3</sup>/s satisface la demanda de agua existente en el proyecto, tal como se puede apreciar en la siguiente tabla y figura

**Tabla 36: Balance hídrico entre el volumen ofertado de la cuenca y la demanda de agua en MMC**

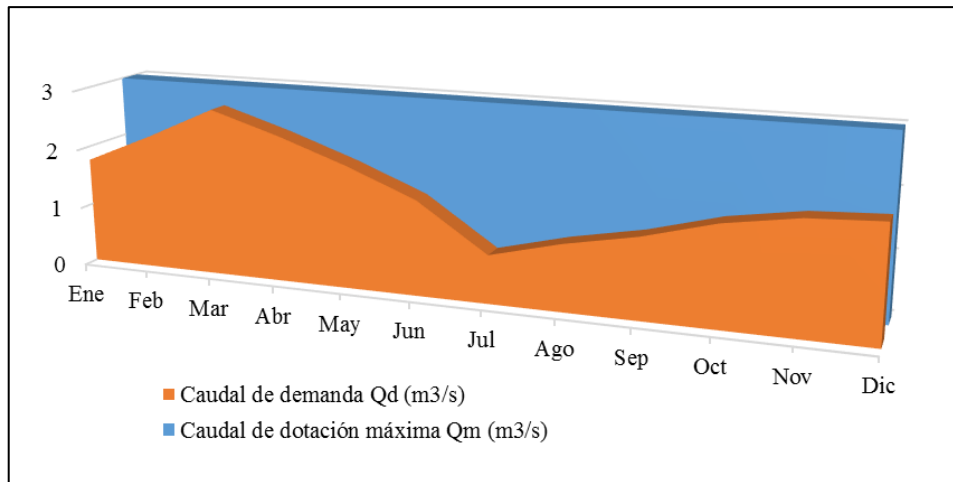
Operación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Oferta al 75% en (MMC)	500.63	661.46	875.65	664.88	263.59	160.83	131.40	130.61	135.08	210.24	268.58	395.51	4398.46
Caudal Ecológico	23.57	26.13	30.00	24.11	13.93	11.40	8.57	1.50	1.56	1.61	3.37	17.41	163.15
Oferta Total en (MMC)	477.06	635.33	845.65	640.77	249.66	149.43	122.83	129.11	133.52	208.63	265.21	378.10	4235.31
Demanda de agua (MMC)	4.74	5.47	7.47	6.33	5.47	4.10	2.15	2.95	3.45	4.41	4.78	5.08	56.41
Balance Hídrica	472.32	629.86	838.18	634.44	244.20	145.33	120.68	126.16	130.08	204.22	260.43	373.02	4178.91



**Figura 60: Balance hídrico entre el volumen ofertado y la demanda de agua**

**Tabla 37: Balance hídrico entre la dotación de agua y la demanda de agua**

Descripción	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Caudal de Dotación Máxima Qm (m <sup>3</sup> /s)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Caudal de Demanda Qd (m <sup>3</sup> /s)	1.77	2.26	2.79	2.44	2.04	1.58	0.80	1.10	1.33	1.65	1.84	1.90



**Figura 61: Balance hídrico entre la dotación de agua y la demanda de agua**

En resumen, se tiene un caudal de dotación de 3.00 m<sup>3</sup>/s y un caudal de demanda máximo que se da en el mes de marzo de 2.80 m<sup>3</sup>/s, de lo cual se concluye que se abastece con el caudal que fluye por el canal, además, para fines de diseño del canal Integrador Santa San Bartolo se toma el caudal de 3.00 m<sup>3</sup>/s.

### 5.5.7. Diseño hidráulico del canal sin revestir

Se diseñó el canal sin revestir desde el tramo de la progresiva Km. 6+983 hasta el Km. 8+037, se dividió este tramo en 3 partes, originando 3 pendientes de los cuales, cabe indicar que como resultado se tuvo dimensiones calculadas y dimensiones de diseño, las cuales las de diseño son las definitivas.

Tramo			Datos			
Del km.	Al km.		Caudal	Rugosidad	Base(b)	Talud
Progr.	Progr.	Elevación	Q (m <sup>3</sup> /s)	n	b (m)	Z (m/m)
	6+983	57.14				
<b>6+983</b>	7+215	55.89	3.000	0.014	0.90	1.0
7+215	7+657	54.43	3.000	0.014	0.90	1.0
7+657	<b>8+037</b>	51.46	3.000	0.014	0.90	1.0

Calculo hidráulico									
Pendiente	Tirante Normal	Área	Espejo de Agua	Perímetro Mojado	Radio Hidráulico	Velocidad	Energía Específica	Número Froude	Tipo de Flujo
S (m/m)	Y (m)	A (m <sup>2</sup> )	T (m)	P (m)	R (m)	V (m/s)	E (m-kg/kg)	F	
0.0054	0.68	1.09	2.27	2.84	0.38	2.76	1.07	1.28	Supercrítico
0.0033	0.78	1.30	2.45	3.10	0.42	2.30	1.05	1.01	Supercrítico
0.0078	0.62	0.95	2.14	2.66	0.36	3.17	1.13	1.52	Supercrítico

Dimensiones del canal													
Borde Libre						Altura H calculada y H diseño			Resumen de dimensiones				
BL (1/3)Y	BL (1/2)Y	BL f(Q)	BL $\frac{BL}{\sqrt{CY}}$	BL f(b)	BL (Asum.) (m)	Hc (m)	Hd (m)	b (m)	H (m)	BL (m)	Y (m)	Z (m/m)	Sección del Canal
0.23	0.34	0.30	1.31	0.50	0.30	0.985	1.50	0.90	1.50	0.82	0.68	1.00	Trapezoidal
0.26	0.39	0.30	1.39	0.50	0.30	1.092	1.50	0.90	1.50	0.72	0.78	1.00	Trapezoidal
0.21	0.31	0.30	1.25	0.50	0.30	0.922	1.50	0.90	1.50	0.88	0.62	1.00	Trapezoidal

### 5.5.8. Diseño hidráulico del dren partidor

Se diseñó el dren partidor desde el tramo de la progresiva Km. 0+000 hasta el Km. 0+085, se tiene una sola pendiente en este tramo, cabe indicar que como resultado se tuvo dimensiones de calculadas y dimensiones de diseño, las cuales las de diseño son las definitivas.

Tramo			Datos			
Del km.	Al km.	Elevación	Caudal Q (m <sup>3</sup> /s)	Rugosidad n	Base(b) b (m)	Talud Z (m/m)
Progr.	Progr.					
	0+000	53.45				
0+000	0+085	52.27	3.000	0.014	0.90	1.0

Calculo hidráulico									
Pendiente	Tirante Normal	Área	Espejo de Agua	Perímetro Mojado	Radio Hidráulico	Velocidad	Energía Específica	Número Froude	Tipo de Flujo
S (m/m)	Y (m)	A (m <sup>2</sup> )	T (m)	P (m)	R (m)	V (m/s)	E (m-kg/kg)	F	
0.0138	0.53	0.77	1.97	2.41	0.32	3.91	1.31	2.00	Supercrítico

Dimensiones del canal													
Borde Libre						Altura H calculada y H diseño		Resumen de dimensiones					Sección del Canal
BL (1/3)Y	BL (1/2)Y	BL $f(Q)$	BL $\frac{BL}{\sqrt{CY}}$	BL $f(b)$	BL (Asum.) (m)	Hc (m)	Hd (m)	b (m)	H (m)	BL (m)	Y (m)	Z (m/m)	
0.18	0.27	0.30	1.16	0.50	0.30	0.835	1.50	0.90	1.50	0.97	0.53	1.00	Trapezoidal

### 5.5.9. Tramos a reponer

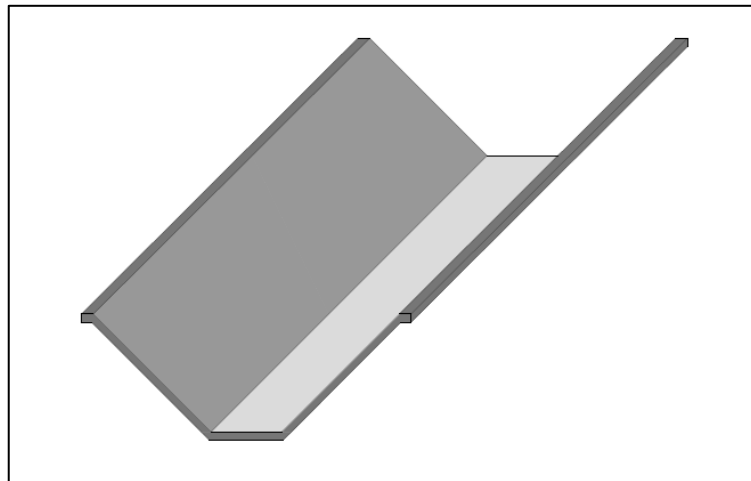
Los 24 tramos a reponer, tienen una suma total de longitud de 802.01 m, estos tramos se encuentran a lo largo del canal Integrador Santa San Bartolo, y van a tener que ser demolidos y volverlos a reponer.

Las dimensiones de los tramos a reponer serán las mismas que la del canal existente, esto por una manera de coherencia, debido, a que los tramos nuevos a colocar deben encajar con la sección ya existente para una mejor funcionabilidad. En ese sentido, si bien ya se indicó anteriormente que se colocaría un refuerzo con la implementación de material por debajo de la base con una profundidad de 45 cm; en este caso se realizaría dicha implementación solo en los tramos de longitud considerable, como lo son el tramo 1, 16, 17 y 21 que alcanzan longitudes superiores a los 70 m., los otros 20 tramos restantes se repondrán sin dicha implementación.

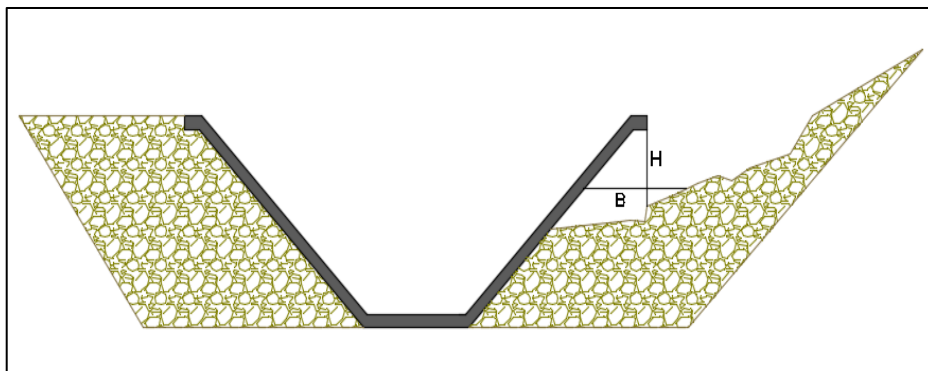
### 5.5.10. Tramos a rellenar

La actividad comprende la reposición de este material granular en la plataforma, para estabilizar las condiciones estructurales del canal existente (ver figura 63 y 64).

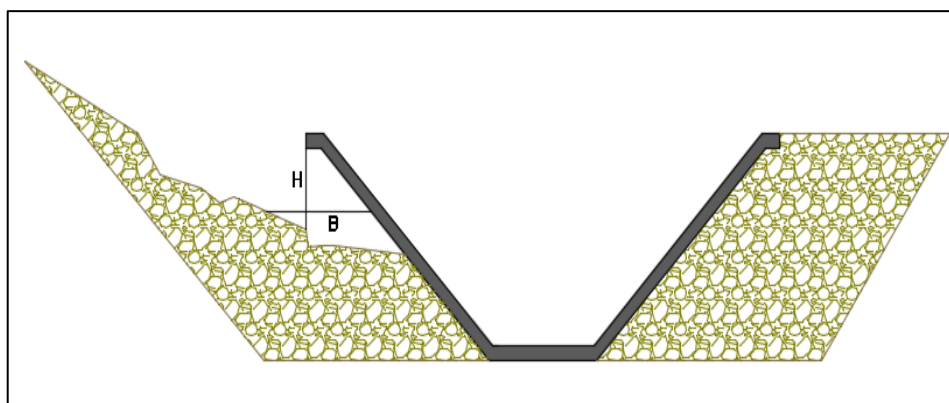
Para ser más exactos, se rellenarán 10 paños con socavación en la margen derecha del canal y 9 paños con socavación en la margen izquierda del canal.



**Figura 62: Sección típica del canal existente en vista 3D**



**Figura 63: Esquema de paño socavado en la margen derecha del canal**



**Figura 64: Esquema de paño socavado en la margen izquierda del canal**

**Tabla 38: Volumen de relleno para el socavamiento en la margen derecha del canal**

Inicio	Fin	Altura (m)	Base (m)	Volumen (m3)	V. Acumulado	Margen
4520.00	4526.00	0.50	1.00	3.00	3.00	Derecha
4540.00	4550.00	0.50	1.00	5.00	8.00	Derecha
4740.00	4816.80	1.00	2.00	153.60	161.60	Derecha
5252.50	5262.50	1.00	1.00	10.00	171.60	Derecha
5320.00	5335.00	1.00	1.00	15.00	186.60	Derecha
5349.70	5360.00	1.00	1.00	10.30	196.90	Derecha
5365.00	5370.00	1.00	1.00	5.00	201.90	Derecha
5710.00	5720.00	0.20	1.00	2.00	203.90	Derecha
5730.00	5755.50	0.20	1.00	5.10	209.00	Derecha
5760.00	5780.00	0.50	1.20	12.00	221.00	Derecha

**Tabla 39: Volumen de relleno para el socavamiento en la margen izquierda del canal**

Inicio	Fin	Altura (m)	Base (m)	Volumen (m3)	V. Acumulado	Margen
4420.00	4432.50	0.50	1.00	6.25	6.25	Izquierdo
4447.30	4460.00	0.50	1.00	6.35	12.60	Izquierdo
4473.50	4474.50	0.50	0.50	0.25	12.85	Izquierdo
4760.00	4816.00	1.00	1.50	84.00	96.85	Izquierdo
5305.00	5310.00	1.00	2.00	10.00	106.85	Izquierdo
5372.50	5382.50	1.00	2.00	20.00	126.85	Izquierdo
5392.50	5420.50	1.00	2.00	56.00	182.85	Izquierdo
5730.00	5755.50	0.20	1.00	5.10	187.95	Izquierdo
5760.00	5780.00	0.20	1.00	4.00	191.95	Izquierdo

En la tabla 38 y 39, se muestra los paños a rellenar de la margen derecha e izquierda respectivamente, además, se ha calculado el volumen de relleno de dichos paños, siendo un volumen total de 412.95 m<sup>3</sup> de material granular en la plataforma del canal.

### 5.5.11. Resultado del modelamiento con HEC-RAS

Los resultados de manera gráfica del análisis, muestran el comportamiento del canal en conjunto tal como se muestra en la figura 65, utilizando las secciones y las elevaciones a detalle, este análisis permite revisar la intervención de la pendiente en el canal.

Asimismo, el resultado del modelamiento indica que no ocurre ningún desborde en el canal, esto garantizado el buen funcionamiento de la estructura, dicho de otra manera, las dimensiones del canal Integrador Santa San Bartolo diseñadas y las existentes, son aptas para poder conducir un caudal de 3.00 m<sup>3</sup>/s, como consecuencia, se logra cumplir con la demanda planteada.

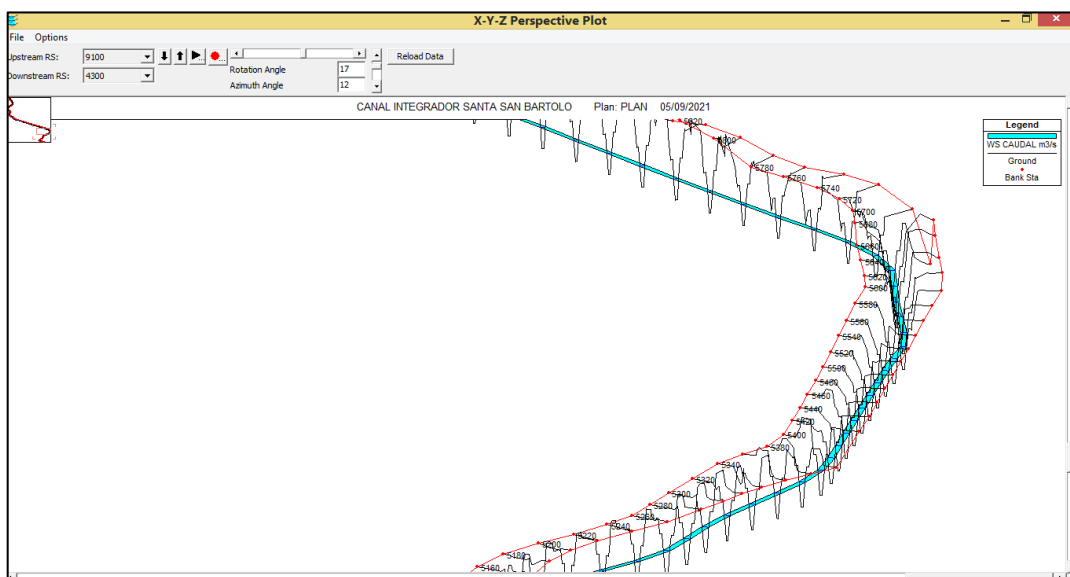


Figura 65: Vista tridimensional del canal sin desbordes

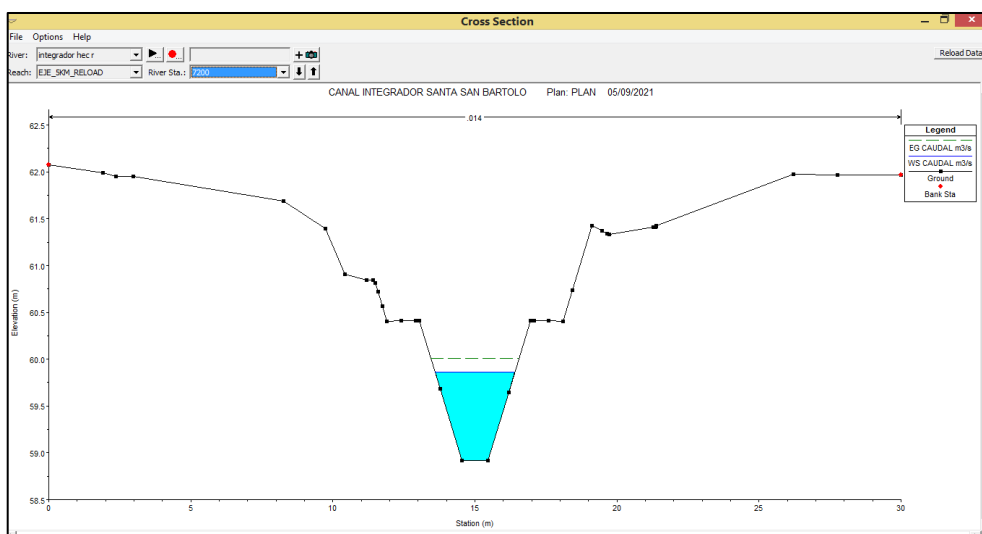


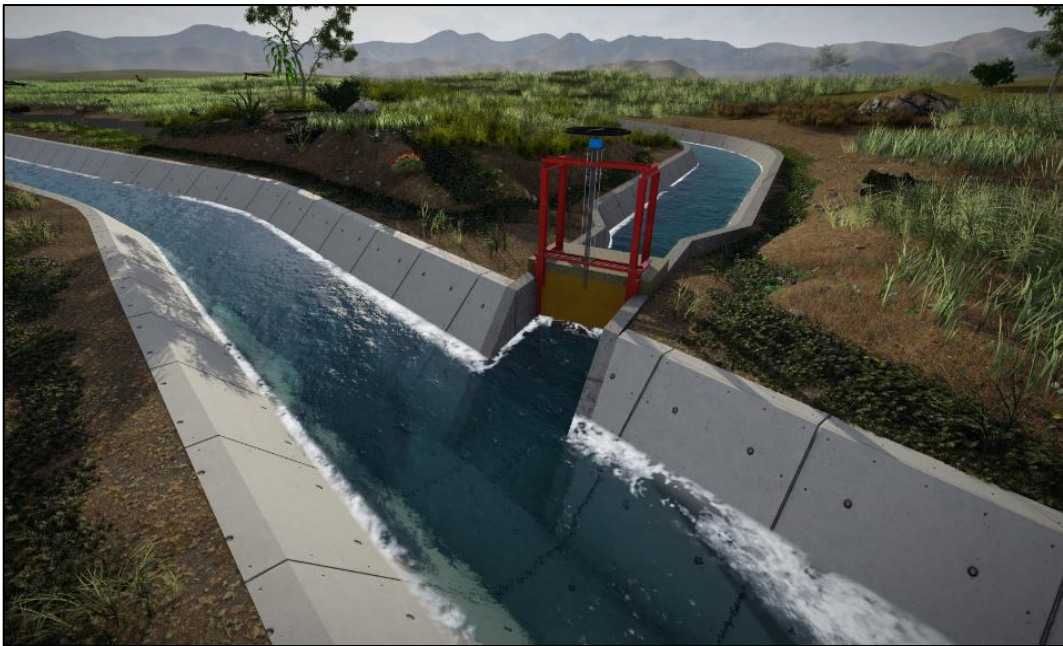
Figura 66: Sección transversal donde se observa que no existe desborde



### 5.5.12. Resultado de la modelación visual 3D

Como resultado de la modelación visual 3D, se tiene las siguientes figuras que representan los diseños realizados, demostrados arquitectónicamente.

En la figura 67 y 68, se observa el modelamiento visual 3D del dren partidor y el canal Integrador Santa San Bartolo con proyecto, divididos por una compuerta metálica. La compuerta se ubica en la margen izquierda del canal Integrador Santa San Bartolo, y es en dicha compuerta donde se ubica la progresiva Km. 0+085.



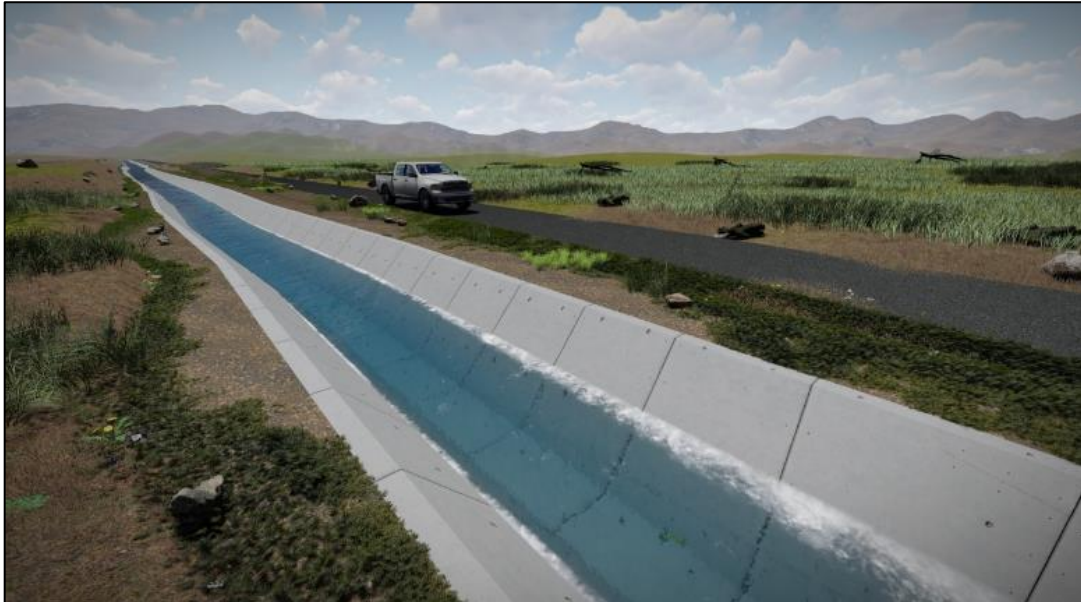
**Figura 67: Modelamiento visual en 3D del dren partidor con proyecto**



**Figura 68: Modelamiento visual en 3D del dren partidor con proyecto**

En la figura 69, se observa el modelamiento visual 3D del canal Integrador Santa San Bartolo con proyecto, y a su margen izquierda el camino rehabilitado.

Cabe indicar que tiene las características y dimensiones hidráulicas calculadas en el diseño hidráulico.



**Figura 69: Modelamiento visual en 3D del canal Integrador Santa San Bartolo con proyecto**

## **VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1. Conclusiones**

La evaluación y el diseño del Canal Integrador Santa San Bartolo incidieron positivamente en la mejora del servicio de agua para riego, porque permitió identificar la problemática y proponer acciones para la solución de la misma.

Los beneficiarios del presente estudio, incrementarán y mejoraran sus áreas de cultivo gracias a la rehabilitación del canal Integrador Santa San Bartolo, es por ello, la importancia de replantear e implementar de ser necesario las diferentes estructuras hidráulicas por ser de vital importancia para la sostenibilidad futura de la actividad agrícola en la zona. La propuesta planteada en el estudio permitirá el riego 1600.45 has, las cuales serán incorporadas a la agricultura bajo riego y beneficiará a 4500 usuarios.

Como alternativa de solución, se podría definir de manera general, que el mejoramiento de todas las estructuras dañadas por el fenómeno natural “El Niño Costero”, da como consecuencia la rehabilitación del canal.

De la evaluación topografía se concluye que, es un estudio importante, porque de ello depende la precisión de los diseños hidráulicos, asimismo, es el primer estudio a realizar antes de iniciar un proyecto con fines de riego, para el presente estudio permitió tener un panorama más amplio, permitiendo realizar los diseños de manera eficaz.

La evaluación geológica y geotécnica, permitió la verificación de la inundación y fallamiento que se generen como consecuencia de la filtración existente a lo largo del canal, lo cual pondría en peligro la propia estabilidad del revestimiento del canal al debilitarse el terreno por debajo de ella. Además, permitió la verificación de las condiciones geotécnicas del área donde se proyecta la cimentación y construcción de las estructuras proyectadas dentro del sistema de irrigación, de ello se concluye que, teniendo en cuenta la presencia de un nivel freático cercano a la rasante del canal, se consideró, la implementación de material por debajo de la base del canal.

Del análisis del balance hídrico del área de estudio, se concluye que la dotación mensual asignada cuyo caudal es de 3.00 m<sup>3</sup>/s, satisface la demanda de agua existente, en consecuencia, es con dicho caudal que se realizó los diseños hidráulicos correspondientes.

Del diseño hidráulico se concluye que, las dimensiones existentes del canal, cumplen hidráulicamente con el caudal que circula por dicho canal, de ello se recalca que es viable construir y volver a reponer las estructuras dañadas con la misma geometría que se tiene.

El modelamiento hidráulico comprueba las dimensiones diseñadas del canal, realizando una simulación hidráulica, esto favorece en poder comprobar si están correctamente diseñadas, en caso de no serlo, el software HEC-RAS genera gráficos donde se puede observar si existe algún desborde, para este estudio no hubo ningún percance, comprobándose así un eficiente diseño hidráulico.

El modelamiento visual 3D, permitió proyectar de manera real las estructuras diseñadas, esto generando una mejor perspectiva del proyecto, esto facilitará la ejecución del proyecto.

Por último, se concluye que con el mejoramiento del canal Integrador Santa San Bartolo, se incrementará la eficiencia de riego, por ende, el crecimiento de la producción agrícola de los usuarios de la irrigación, esto mejorará la economía de ellos.

## **6.2. Recomendaciones**

Se recomienda ejecutar el proyecto, teniendo las mismas consideraciones llevadas a cabo en el presente estudio.

Capacitar a los usuarios para realizar correctamente el trabajo de operación y mantenimiento de todo el canal Integrador Santa San Bartolo post ejecución de la obra.

Realizar una investigación sobre la eficiencia de riego en el canal Integrador Santa San Bartolo.

Utilizar el software HEC-RAS, para el modelamiento de canales.

Se recomienda implementar el modelamiento visual 3D en los proyectos de Ingeniería Agrícola, a fin de tener una mejor visualización de los diseños hechos por cada Ingeniero.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allen, R. 2006. Evapotranspiración del cultivo – Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. FAO 56.

Autoridad Nacional del Agua (ANA) (2010) Manual: Criterios de Diseño de obras hidráulicas para la formulación hidráulicos multisectorial y de afianzamiento hídrica. Lima

Chow, V (2004) Hidráulica de Canales Abiertos. Colombia: McGRAW-HILL Interamericana S.A.

DGIAR. 2015. Manual del cálculo de eficiencia para sistemas de riego.

Fuentes, J. 1999. Técnicas de riego. 1 ed. México. Editorial Mundi – Prensa. 473 p.

INRENA – PSI. 2005. Manual de distribución de agua en los sistemas de riego por gravedad.

MINAGRI – PSI. 2004. “Determinación de Eficiencias de Conducción y Distribución”.

MINAGRI – PSI. 2010. “Principios básicos para la operación y mantenimiento de la infraestructura hidráulica de un sistema de riego”.

Ministerio de Agricultura y Alimentación (1978), Boletín Técnico N° 7 "Consideraciones Generales sobre Canales Trapezoidales"

Salzgitter Consult GmbH (1984) Planificación de Canales, Zona Piloto Ferreñafe Tomo II/ 1- Proyecto Tinajones.

Torres, J. (2017). Diseño Hidráulico y Modelamiento en HEC-RAS del Canal de Concreto y de Obras de Arte del Proyecto Carpintero – Tramo Km 0+000 al Km 5+000 (Tesis de pregrado) Universidad Peruana de Ciencias Aplicada, Lima.

United States Bureau of Reclamation (USBR) (1978) Design of Small Canal Structures. Colorado: United States Government Printing.

Us Army Corps of Engineers, (2016) Hydrologic Engineering Center, Manual de usuario de HEC-RAS.

Vásquez, A. – Navarro C. 1992. El riego “principios básicos”.

Villanueva, R. 2011. Características de la cuenca del Río Santa.

Villón, M. 1995. Hidráulica de canales. 1 ed. Cartago, Costa Rica. Editorial tecnológica de Costa Rica. 508 p.

## **VIII. ANEXOS**

### **8.1. Plano general del estudio**

Se anexa un plano, donde se ubica todas las estructuras involucradas y sus propias características. (Plano en tamaño A3).

