



Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



## **Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional**

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>



**UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**UNIDAD DE INVESTIGACION**

**EVALUACION DE ORIGINALIDAD**

**ID. N° 101542164**

**CONSTANCIA**

El que suscribe, deja constancia que se la realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento de INFORME FINAL DE TESIS cuyo título es:

**EVALUACIÓN DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL CANAL DE IRRIGACIÓN PAUSA PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAMO URBANO SECTOR 2 – CCARASPAMPA, DISTRITO DE PAUSA, PROVINCIA PÁUCAR DEL SARA SARA, AYACUCHO-2022**

presentado por:

**ANAMPA AYQUIPA, HENRY KEVIN**

Bachiller del nivel de **PREGRADO** de la Facultad de Ingeniería Civil. El resultado obtenido es de **3% de similitud**, por el cual se otorga el calificativo de **APROBADO**, según el Reglamento para la evaluación de la Originalidad de los documentos de investigación.

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Ica, 26 de julio de 2023

  
Dr. SANTOS CHACALTANA VÁSQUEZ  
DIRECTOR (i)

DIRECTOR DE UNIDAD DE INVESTIGACION  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
Facultad de Ingeniería Civil



Evaluación de parámetros hidráulicos del Canal de Irrigación Pausa  
para el mejoramiento del tramo urbano Sector 2 – Ccaraspampa,  
distrito de Pausa, provincia Páucar del Sara Sara, Ayacucho-2022

Línea de Investigación:  
Recursos hídricos, Riesgo de desastres y Cambio climático

INFORME FINAL DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL

AUTOR  
BACH. HENRY KEVIN ANAMPA AYQUIPA

Ica, Perú

2023

## DEDICATORIA

A mis padres, por su gran ejemplo de amor, confianza y apoyo moral durante mi formación académica en la carrera universitaria. A mis abuelos que me motivaron constantemente para alcanzar mis sueños.

Gracias mamá.

Gracias Abuelos.

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios por ser mi guía y brindarme su bendición cada día de mi vida, de la misma manera a mi Asesor, que con su sabiduría me transmitió sus conocimientos y ganas de superación, A mis padres y hermanos que me motivaron para ponerle esfuerzo y dedicación en la elaboración de la presente tesis

Gracias.

## ÍNDICE

DEDICATORIAS	ii
INDICE	iii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	10
1.1 Situación problemática	10
1.2 Formulación de problemas	10
1.2.1 Problema general	10
1.2.2 Problemas específicos	10
1.3 Antecedentes del problema de investigación	10
1.3.1 Antecedentes internacionales del problema de investigación	10
1.3.2 Antecedentes nacionales del problema de investigación	11
1.3.3 Antecedentes locales del problema de investigación	12
1.4 Justificación e importancia de la investigación	12
1.4.1 Justificación	12
1.4.2 Importancia	12
1.5 Objetivos de la investigación	13
1.5.1. Objetivo general	13
1.5.2. Objetivos específicos	13
1.6 Hipótesis de la investigación	14
1.6.1. Hipótesis general	14
1.6.2. Hipótesis específicas	14
1.7 Contenido de capítulos	14
CAPITULO II: ESTRATEGIA METODOLÓGICA	15
2.1 Procedimientos	15
2.2 Diseño metodológico	15
2.2.1. Tipo, nivel y diseño de investigación	15
2.2.2. Operacionalización de variables	16
2.3 Participantes	16
2.4 Universo y muestra	16
2.4.1. Delimitación del proyecto.	16
2.4.2. Delimitación temporal	19
2.4.3. Delimitación social.	19
2.4.4. Delimitación conceptual	19

2.5 Instrumentos y técnicas de medición y recolección	20
2.5.1 Instrumentos de recolección de datos	20
2.5.2 Técnicas de recolección de datos	21
2.5.3 Técnicas de procesamiento, análisis e interpretación de datos	21
CAPITULO III: RESULTADOS	22
3.1 Desarrollo de la Investigación	22
3.1.1 Estudio topográfico	22
3.1.2 Estado del canal	23
3.1.3 Caudal disponible	27
3.1.4 Régimen de flujo	31
3.1.5 Verificación de parámetros en todo el canal	32
3.1.6 Modelación del canal en condiciones reales	35
3.2 Propuestas de mejoramiento	45
3.2.1 Procedimiento metodológico para el diseño	45
3.2.2 Sección de máxima eficiencia hidráulica	45
3.2.3 Diseño con sección rectangular revestida de concreto	48
3.2.3.1 Sedimentación y erosión	52
CAPITULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	53
4.3 Interpretación y Discusión de Resultados	53
4.2 Comprobación de Hipótesis	53
4.2.1 Contrastación de Hipótesis General	53
4.2.2 Contrastación de Hipótesis Específicas	54
CAPITULO V: CONCLUSIONES	55
CAPITULO VI: RECOMENDACIONES	56
CAPITULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
ANEXOS	59
• Panel fotográfico	60

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I: Operacionalización de variables	16
Tabla II: Ficha de recolección de datos y parámetros del canal	20
Tabla III: Ficha de recolección de datos de aforo del canal	21
Tabla IV: Formato de recolección de datos topográficos del canal	21
Tabla V: Acceso a la zona de investigación	23
Tabla VI: Ficha de recolección de datos y parámetros del canal	25
Tabla VII: Velocidad promedio - canal Pausa Sector 2 Ccaraspampa	29
Tabla VIII: Factor de corrección FC	30
Tabla IX: Resumen de resultados	31
Tabla X: Resumen de resultados con Hcanales	35
Tabla XI: Resultados de la modelación con HEC-RAS 4.1.0 del canal actual	45
Tabla XII: Secciones de máxima eficiencia según tramos	48
Tabla XIII: Resultados de la modelación - canal de concreto	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del departamento de Ayacucho	17
Figura 2. Ubicación geográfica de la provincia Páucar de Sara Sara	17
Figura 3. Ubicación del distrito de Pausa	18
Figura 4. Ubicación satelital de la zona de estudio	18
Figura 5. Vista de satélite de la zona de estudio	19
Figura 6. Instrumentos de recolección de datos topográficos	20
Figura 7. Plano topográfico vista en planta	23
Figura 8. Plano topográfico vista en perfil longitudinal	23
Figura 9. Tramo Lima – Chala	24
Figura 10. Tramo Chala – Pausa	24
Figura 11. Pausa – Canal sector 2 - Ccaraspampa	25
Figura 12. Zona de captación del Río Mirmaca	26
Figura 13. Vista del canal en zona urbana	26
Figura 14. Vista del canal en el tramo urbano Sector 2 - Ccaraspampa.	27
Figura 15. Vista interna del canal natural con escombros	27
Figura 16. Obtención de profundidades del canal	28
Figura 17. Soltando en flotador en el inicio del tramo de aforo	29
Figura 18. Valores de la rugosidad de Manning	30
Figura 19. Cálculo del caudal en Hcanales	31
Figura 20. Tramo I del canal con pendiente 0.002275 m/m	32
Figura 21. Tramo II del canal con pendiente 0.01273 m/m	33
Figura 22. Tramo III del canal con pendiente 0.00198 m/m	33
Figura 23. Tramo IV del canal con pendiente 0.00568 m/m	34
Figura 24. Tramo V del canal con pendiente 0.04205 m/m	34
Figura 25. Tramo VI del canal con pendiente 0.00652 m/m	35
Figura 26. Coordenadas de la sección transversal de inicio para HEC-RAS	36
Figura 27. Ubicación y numeración de secciones transversales	36
Figura 28. Creación del proyecto del canal Pausa	37
Figura 29. Ingreso de datos geométricos del canal	37
Figura 30. Ingreso de datos de la primera sección transversal	38
Figura 31. Ingreso del caudal para la simulación	38
Figura 32. Ingreso de las condiciones de borde del canal	39
Figura 33. Selección del análisis en flujo mixto	39
Figura 34. Simulación del flujo mixto sin problemas	40
Figura 35. Reporte de datos de una sección transversal y notificación de errores	40

Figura 36. Interpolación de más secciones transversales	41
Figura 37. Vista de las nuevas secciones interpoladas	42
Figura 38. Sección transversal 0, Aguas abajo	42
Figura 39. Sección transversal 1	43
Figura 40. Sección transversal 2	43
Figura 41. Sección transversal 3	43
Figura 42. Sección transversal 4	44
Figura 43. Sección transversal 5	44
Figura 44. Sección transversal 6	44
Figura 45. Sección de máxima eficiencia para el primer tramo $S=0.002275$ (m/m)	46
Figura 46. Sección de máxima eficiencia para el segundo tramo $S=0.01273$ (m/m)	46
Figura 47. Sección de máxima eficiencia para el tercer tramo $S=0.00198$ (m/m)	46
Figura 48. Sección de máxima eficiencia para el cuarto tramo $S=0.00568$ (m/m)	47
Figura 49. Sección de máxima eficiencia para el quinto tramo $S=0.04205$ (m/m)	47
Figura 50. Sección de máxima eficiencia para el sexto tramo $S=0.00652$ (m/m)	47
Figura 51. Sección de máxima eficiencia para todo el canal	48
Figura 52. Datos para la modelación con HEC-RAS 4.1.0	49
Figura 53. Sección transversal 0 aguas abajo	49
Figura 54. Sección transversal 1	50
Figura 55. Sección transversal 2	50
Figura 56. Sección transversal 3	50
Figura 57. Sección transversal 4	51
Figura 58. Sección transversal 5	51
Figura 59. Sección transversal 6 aguas arriba	51

## RESUMEN

La investigación aporta una solución optimizada como efecto de respuesta a la problemática del barrio Ccaraspampa, donde el canal es el objeto principal de la investigación, habiéndose evaluado un tramo urbano de 345 ml donde se presentan las dificultades, en el Sector 2, en el distrito de Pausa, provincia Páucar del Sara Sara, Ayacucho.

Dentro de los objetivos se determinó el caudal disponible y la capacidad del canal existente para conducirlo, resultando un caudal de 0.0708 m<sup>3</sup>/seg.

La investigación es de enfoque cuantitativo, del tipo aplicada, con nivel descriptivo y correlacional, cuya metodología proporcionó datos necesarios para la evaluación y decisión final. Se aplicó el software HEC-RAS 4.1.0 para simular el canal en condiciones actuales, determinándose que existe flujos que varían de régimen subcrítico a supercrítico. Esta información proporcionada por la simulación ha servido para elaborar la propuesta de solución que consiste en mejorar la sección transversal del canal con máxima eficiencia hidráulica (0.45x0.35m) con material de concreto, demostrándose luego de simular la propuesta, que la hipótesis planteada es verdadera.

Palabras Clave: Evaluación hidráulica, régimen de flujo, diseño hidráulico.

## **ABSTRACT**

The investigation provides an optimized solution as an effect of response to the problem of the Ccaraspampa neighborhood, where the canal is the main object of the investigation, having evaluated an urban section of 345 ml where the difficulties arise, in Sector 2, in the district Pausa, Páucar del Sara Sara province, Ayacucho.

Within the objectives, the available flow and the capacity of the existing channel to conduct it were determined, resulting in a flow of 0.0708 m<sup>3</sup>/sec.

The research is of a quantitative approach, of the applied type, with a descriptive and correlational level, whose methodology provided the necessary data for the evaluation and final decision.

The HEC-RAS 4.1.0 software was applied to simulate the channel under current conditions, determining that there are flows that vary from subcritical to supercritical regimes. This information provided by the simulation has served to elaborate the solution proposal that consists of improving the cross section of the channel with maximum hydraulic efficiency (0.45x0.35m) with concrete material, demonstrating after simulating the proposal that the proposed hypothesis is true.

**Keywords:** Hydraulic evaluation, flow regime, hydraulic design.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Situación problemática

La presente investigación evalúa los parámetros hidráulicos del canal de irrigación Pausa, en el tramo urbano ubicado en el Sector 2 – Ccaraspampa, como solución técnica a la problemática actual que vienen tolerando las viviendas circundantes al canal existente y las causas que la generan, para lo cual se aplica la simulación hidráulica mediante el uso del modelo numérico HEC RAS 4.1.0

La problemática está relacionada con desbordes ocasionales generados por la falta de mantenimiento, infiltraciones y obstrucciones en el canal, que podrían estar afectando los cimientos de las viviendas aledañas y la vía adyacente que está conformado por material granular, ya que se trata de una canal de tierra natural.

Los desbordes generalmente se producen cuando por falta de mantenimiento y limpieza se reduce la sección del canal. Por consiguiente, el crecimiento de la zona urbana será afectado constantemente por los problemas expuestos, siendo necesario evaluar las condiciones actuales para definir una alternativa que los solucione a corto y largo plazo.

### 1.2. Formulación de problemas

#### 1.2.1. Problema General

¿De qué manera la evaluación de los parámetros hidráulicos del Canal de Irrigación Pausa influye en el mejoramiento del tramo urbano Sector 2 – Ccaraspampa, distrito de Pausa, provincia Páucar del Sara Sara, Ayacucho?

#### 1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Qué características geométricas y parámetros hidráulicos tiene el canal existente que no garantizan el funcionamiento óptimo del tramo en estudio?
- b) ¿La modelación del canal actual permitirá conocer el comportamiento real del flujo?
- c) ¿Qué propuestas se podrían evaluar para mejorar el comportamiento del flujo en el tramo en estudio?

### 1.3. Antecedentes del problema de investigación

Respecto a la temática relacionada con esta investigación, existen antecedentes de investigación en el ámbito internacional, nacional y local que se pueden mencionar:

#### 1.3.1. Antecedentes internacionales del problema de investigación

En 2018 R. Moya y W. Alexander [1] refieren que el objetivo de su investigación es desarrollar una modelación hidráulica de un canal urbano en la ciudad de Bogotá, para conocer los niveles y máximos caudales que causan desbordamientos para poder

evaluar el riesgo de inundación dentro de su área de influencia. Se concluye que la mayor deficiencia en el canal se presenta entre el km 1+127 al 1+247, con caudales por debajo de los 8 m<sup>3</sup>/s, lo cual es la causa de los desbordamientos y daños que se producen en la zona y que afectan a los residentes del sector.

En 2019J. Tovar et al [2] propone solucionar los 3.247 m de daños registrados; se propone diseñar un canal trapezoidal de concreto reforzado con espesor de 15 cm, con  $f_c = 4.000$  psi y estribos a cada 20 centímetros, usando la barra No.4 para el acero longitudinal y transversal. Esto asegurará un buen funcionamiento de acuerdo a la Resolución 0330, que recomienda diseñar para un período de 25 años a toda obra hidráulica. El mantenimiento del canal debe hacerse manualmente ya que se pudo observar que la maquinaria usada fractura las paredes del canal con el balde metálico de la retro excavadora.

recopilaron parámetros hidráulicos para modelar matemáticamente el canal tales como coeficientes de rugosidad y de descarga de compuertas y vertedero, se estudiaron los métodos para la determinación de caudales mediante el empleo de molinetes se elaboraron dos programas en lenguaje visual Basic, el primero para el ingreso de datos para el simulador de flujo; y el segundo para el cálculo de caudales y rugosidades con el empleo de mojinetes.

En 2016 F. Espinoza [3] propone como objetivo diseñar el canal de sección rectangular de máxima eficiencia hidráulica de 500 m aplicando normas específicas, en Machala, Ecuador. Para ello plantea el diseño utilizando como instrumentos la normativa nacional y la teoría de la máxima eficiencia hidráulica. Como conclusión aporta un diseño metodológico que sirva para diferentes canales.

En 2018 J. Torres y J. Vivas [4] manifestaron que, en la ciudad de Bogotá, Colombia, existe una confluencia de tres canales los cuales tienen un riesgo potencial de desbordamiento por encontrarse en zona urbana, frente a una posible inundación el objetivo es evaluar el funcionamiento para establecer mejoras que permitan reducir el riesgo de inundación mediante la modelación hidráulica. Concluyendo que es necesario mejorar la secciones transversales y altura de los canales, aplicando una modelación hidráulica.

### 1.3.2. Antecedentes nacionales del problema de investigación

En 2015 J. Espir y J. Morales [5] refieren evaluar la formación de oleajes y los parámetros hidráulicos dentro del primer tramo del canal “Chaquín” -Virú, debido a su arquitectura hidráulica”. Se obtuvieron resultados hidráulicos con mínima variación respecto al diseño original para el perfil pseudo tridimensional, ya que este modelo realiza también análisis bidimensional y unidimensional.

En 2017, O. Chiclote [6], menciona que el canal el Progreso – Mayanal – Jaén – Cajamarca, se ubica en la parte alta de Jaén y capta las aguas del Rio Amojú. Su longitud es de 5 km y se encuentra recubierta de concreto, con un talud (H/V) 1:1.5. Su antigüedad es de 25 años. [...] En el interior hay 18 grietas de 0.80 m de largo, con espesor de 4cm de espesor y 20 cm de profundidad, existen además 3 rupturas en las paredes del recubrimiento de dimensiones 0.20 m de profundidad, por 0.35m de ancho y 0.70 cm de largo aproximadamente. Siendo necesario realizar un mejoramiento, demoliendo 23.19 m<sup>3</sup> de concreto y reponiendo 231.9 m<sup>2</sup> de concreto, requiriéndose un presupuesto de S/. 11,616.33 para mejorar el recubrimiento de los 5 Km del canal. En 2020, J. Asalde [7] sobre un canal de riego en el distrito de Salas, Lambayeque, plantea un diseño con máxima eficiencia hidráulica que al modelarse demostró la influencia de aplicar el software HEC-RAS en el funcionamiento del canal. Como conclusión el diseño apoyado en la modelación hidráulica con Hec – Ras influye en la conducción del flujo.

En 2020 P. Cueto [8] expone la problemática del canal Carlos Leigh en el distrito de Nuevo Chimbote, en Ancash. Plantea como **objetivo general** evaluar la estructura hidráulica del canal de concreto entre el km. 22+220 a 22+720 para determinar su influencia en su condición hídrica. Aplica una **metodología** de investigación correlacional, con nivel de investigación cuantitativo y cualitativo. Los resultados muestran que el daño con más incidencia es la erosión. Concluye en que el nivel de severidad es **LEVE**. Según el análisis desarrollado el daño total en el tramo del canal, influye en la condición hídrica, porque disminuye la calidad y cantidad del recurso hídrico.

En 2018 D. Sinche [9] analiza el comportamiento hidráulico de flujos en canales abiertos para ubicar las fallas del canal san lorenzo en jauja. Como conclusión refiere que las velocidades de flujo obtenidas están dentro del rango mencionado por un antecedente; por consiguiente, se declara que el objetivo fue alcanzado.

### 1.3.3. Antecedentes locales del problema de investigación

No se han encontrado antecedentes de investigación local.

## 1.4 Justificación e importancia de la investigación

### 1.4.1. Justificación

Según C. Bernal [10] “En investigación científica, la justificación metodológica del estudio se da cuando el proyecto que se va a realizar propone una metodología o una estrategia para generar conocimiento válido y confiable”.

La investigación se justifica porque se busca desarrollar una evaluación para que en base a ella proponer alternativas de mejoramiento para optimizar el funcionamiento del canal. Según la situación actual del canal, en el cual el problema general se centra en la deficiencia hidráulica, por los problemas que acusa se buscará realizar la evaluación y la respectiva propuesta hidráulica, para sentar las bases para una posterior ejecución de las mejoras en beneficio de la zona urbana por donde circula, el desarrollo local y las líneas de investigación definidas para el área de las Ciencias e Ingenierías. La **justificación teórica** para esta investigación consiste modelar el canal actual y la propuesta para observar el comportamiento del flujo y evaluar la propuesta como solución al problema de deficiencia hidráulica.

El proyecto, también tiene una **justificación metodológica** que se basa en el uso del **enfoque cuantitativo**, dentro de un **tipo aplicado a nivel explicativo**, haciendo uso del método científico, apoyándose en el uso de herramientas de modelación y de análisis estadístico.

La **justificación practica** se manifiesta en la construcción y calibración del modelo de simulación que servirá para mantener un control sobre la eficiencia hidráulica.

#### 1.4.2. Importancia

La investigación contribuirá a mejorar el control de caudales dentro de la zona urbana, mejorar el control de sedimentos que podrían obstruir y colmatar dicho tramo y el Insuficiente mantenimiento que permite la acumulación de residuos domésticos y contaminantes en el curso del agua.

### 1.5 Objetivos de la investigación

#### 1.5.1. Objetivo general

Evaluar los parámetros hidráulicos del Canal de Irrigación Pausa que influyen en el comportamiento del tramo urbano Sector 2 – Ccaraspampa, distrito de Pausa, provincia Páucar del Sara Sara, Ayacucho.

#### 1.5.2. Objetivos específicos

- a) Determinar las características geométricas y parámetros hidráulicos del canal existente que no garantizan el funcionamiento óptimo del tramo en estudio.
- b) Modelar el tramo de canal actual para conocer el comportamiento real del flujo.
- c) Desarrollar propuestas para optimizar el comportamiento del flujo en el tramo en estudio.

## **1.6 Hipótesis de la investigación**

### **1.6.1 Hipótesis general**

La evaluación de los parámetros hidráulicos del Canal de Irrigación Pausa, influye en el mejoramiento del tramo urbano Sector 2 – Ccaraspampa, distrito de Pausa, provincia Páucar del Sara Sara, departamento de Ayacucho.

### **1.6.2 Hipótesis específicas**

- a) Las características geométricas y parámetros hidráulicos del canal en estudio no garantizan el funcionamiento óptimo del tramo en estudio.
- b) La modelación del canal actual permite conocer el comportamiento real del flujo.
- c) Las propuestas evaluadas permiten optimizar el comportamiento del flujo en el tramo en estudio.

## **1.7 Contenido de capítulos**

- ✓ Capítulo I – Introducción  
Se muestran antecedentes, problemática, objetivos, justificaciones de la investigación.
- ✓ Capítulo II – Estrategia Metodológica  
Se señala el planeamiento metodológico, con el detalle de su desarrollo y todo elemento aplicada en la investigación, así como los sujetos y grupos de asignación, instrumentos de medición y procedimientos.
- ✓ Capítulo III – Resultados  
Esta muestra de forma puntual los resultados obtenidos, comentados y en forma de gráficos y tablas y los programas que se emplearon para su desarrollo y su justificación.
- ✓ Capítulo IV – Discusión  
Los resultados se examinan e interpretan y evalúan su cumplimiento en relación a los objetivos e hipótesis de la investigación.
- ✓ Capítulo V – Conclusiones  
Se exponen en forma resumida y puntual las conclusiones respecto a los objetivos de la investigación, así como de la hipótesis general.
- ✓ Capítulo VI – Recomendaciones  
Son recomendaciones desde la perspectiva del autor vinculadas a las conclusiones, siendo puntuales y resumidas.
- ✓ Capítulo VII – Referencias Bibliográficas.  
Se agrupan todas las fuentes bibliográficas utilizadas en la investigación, en el orden en que fueron citadas durante el desarrollo de la investigación.
- ✓ Capítulo VIII – Anexos  
En este capítulo final se colocarán fotos de la zona a desarrollar y planos necesarios.

## II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA.

### 2.1 Procedimientos.

Se ha estructurado la secuencia metodológica según las características de la investigación, por lo cual se identifican las siguientes etapas:

1. Reconocimiento de campo y levantamiento topográfico de planta, perfil y secciones transversales del canal.
2. Aforo de caudal
3. Identificación de zonas de riesgo y deterioro del entorno urbano.
4. Revisión bibliográfica de información técnica especializada relevante para el desarrollo de la investigación.
5. Cálculos hidráulicos preliminares para determinar las características del flujo en el canal.
6. Análisis de los resultados y comparación con la red existente, así mismo propuestas de mejoramiento del sistema.
7. Revisión ortográfica de la investigación, trabajo con los gráficos, tablas y figuras, revisión de la bibliografía utilizada e impresión del trabajo final.

### 2.2. Diseño metodológico.

#### 2.2.1. Tipo, nivel y diseño de investigación

##### 2.2.1.1 Tipo de investigación

La investigación reúne las condiciones de una investigación **cuantitativa y aplicada**. Ya que busca realizar la recolección de datos y procesamiento de manera que sea medible y en lo segundo se apoya en informaciones y busca utilizar los conocimientos que se adquieren mediante su desarrollo a favor de la sociedad.

##### 2.2.1.2 Enfoque de investigación

Es **cuantitativo** porque se toman datos de campo y se analizan para resolver las interrogantes de la investigación y probar las hipótesis planteadas ya que se basa en la confiabilidad de las mediciones numéricas.

##### 2.2.1.3 Nivel de investigación

El nivel de investigación de la presente tesis es **descriptivo – explicativo**. En referencia al primer nivel señalado, es el acto de representar por medio de palabras las características de fenómenos, hechos, situaciones, cosas, personas y demás seres vivos, de manera que quien lea o interprete la

investigación, los evoque en la mente. Con referencia al nivel explicativo, es un proceso que va mucho más allá de la simple descripción de un objeto.

#### 2.2.1.4 Diseño de investigación

La investigación es *no experimental* ya que se observan fenómenos ya realizados, de tal manera que no son provocados intencionalmente por el investigador y esta situación puede ser indirecta, porque se recaudan datos en un solo acto de medición. En estas investigaciones las variables independientes ocurren y no es posible manipularlas, porque ya sucedieron, al igual que sus efectos.

#### 2.2.2. Operacionalización de variables

**TABLA I**  
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
Independiente: Evaluación de parámetros hidráulicos del Canal de Irrigación Pausa	Evaluación del comportamiento hidráulico del tramo del cauce aplicando la modelación hidráulica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geometría actual del canal.</li> <li>• Material del canal</li> <li>• Caudal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad.</li> <li>• Área hidráulica.</li> <li>• Rugosidad.</li> <li>• Régimen de flujo</li> </ul>
Dependiente: Mejoramiento del tramo urbano Sector 2 – Ccaraspampa, distrito de Pausa, provincia Páucar del Sara Sara, Ayacucho.	Transportar la máxima cantidad de agua con el menor perímetro posible	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caudal máximo.</li> <li>• Área hidráulica menor.</li> <li>• Material del canal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad mínima.</li> <li>• Sección de máxima eficiencia hidráulica.</li> <li>• Numero de Froude</li> <li>• Régimen de flujo</li> </ul>

### 2.3. Participantes.

- Asesorado: Bach. Henry Kevin Anampa Ayquipa
- Asesor: Ing. Alfredo M. Alcázar Gonzales

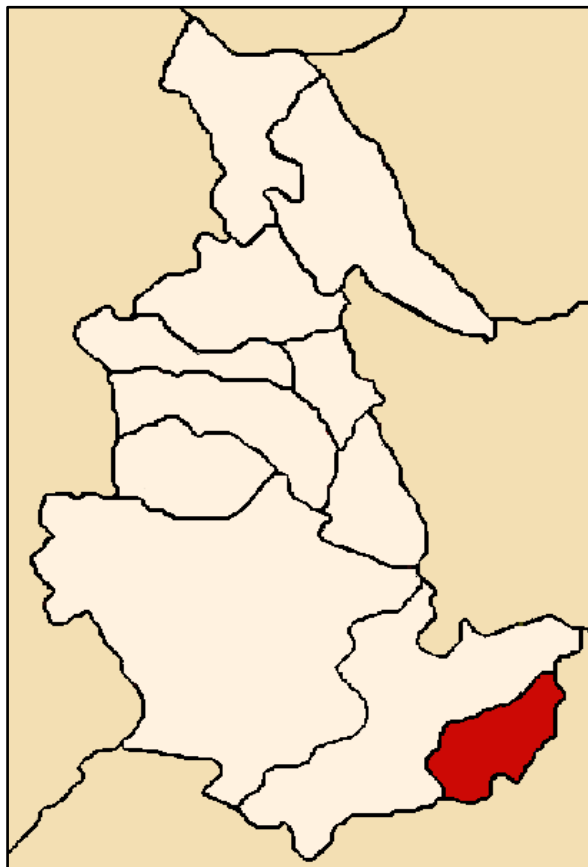
### 2.4. Universo y muestra.

#### 2.4.1. Delimitación del proyecto

El tramo urbano Sector 2 – Ccaraspampa que pertenece al distrito de Pausa en la provincia Páucar del Sara Sara, del departamento de Ayacucho.



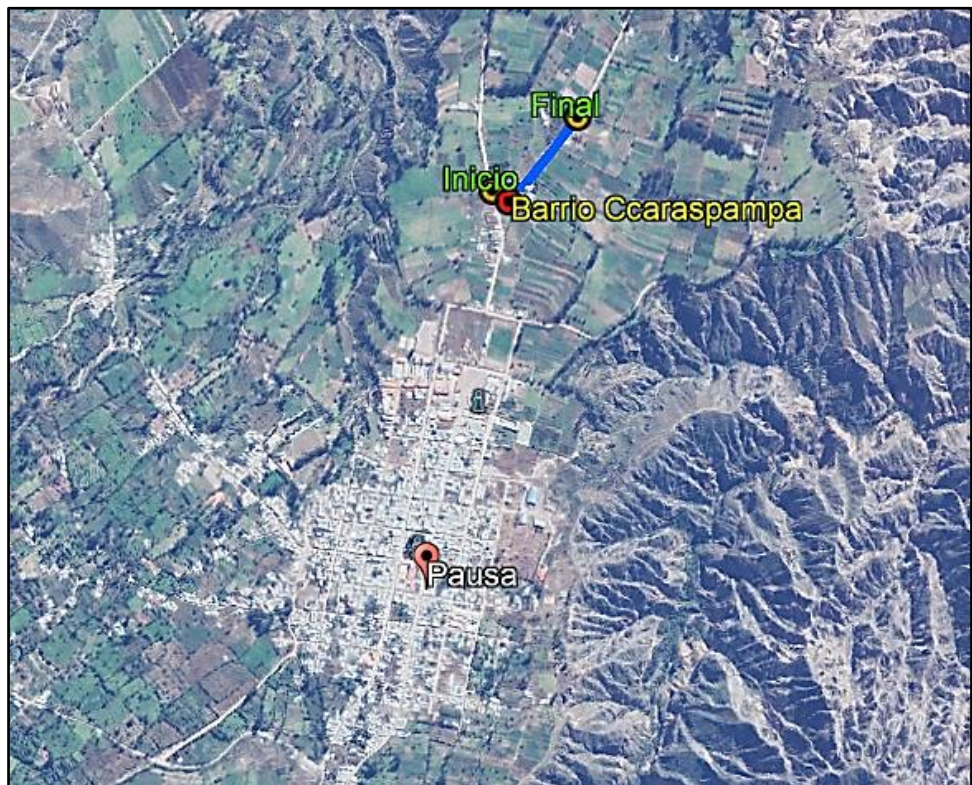
**Fig. 1.** *Ubicación del departamento de Ayacucho*  
Fuente: Wikipedia.org



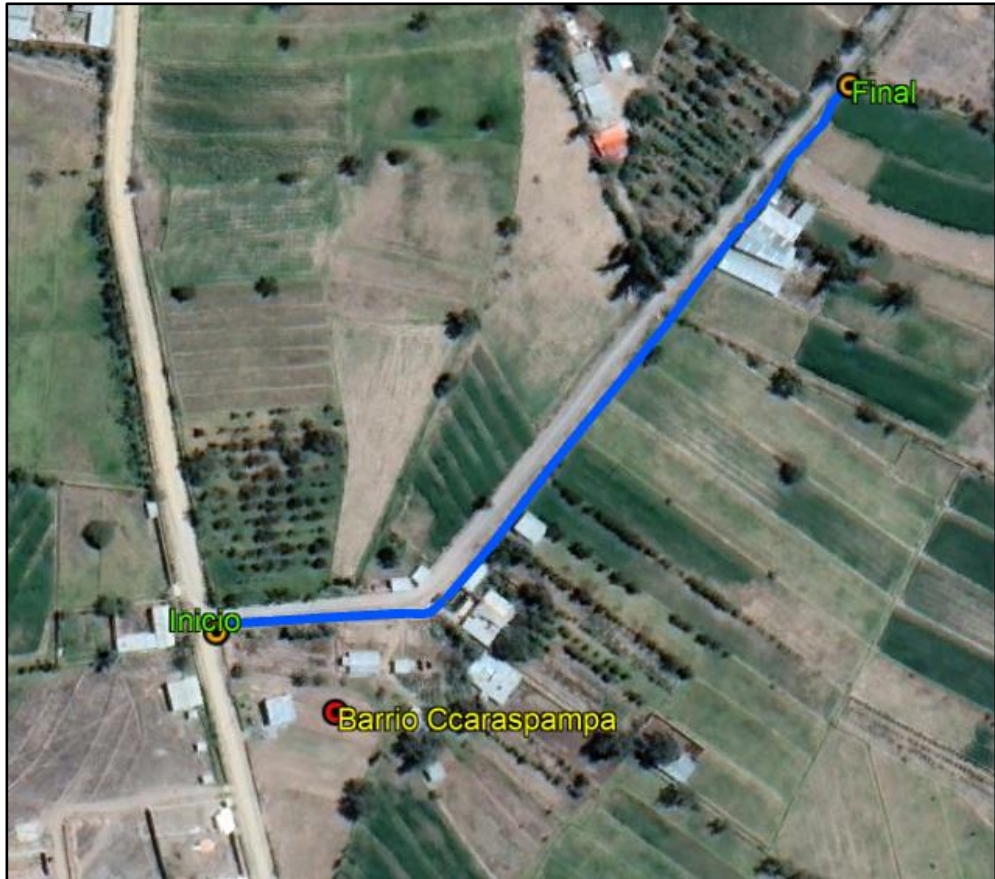
**Fig. 2.** *Ubicación de la provincia Páucar del Sara Sara*  
Fuente: Wikipedia.org



**Fig. 3.** *Ubicación del distrito de Pausa*  
Fuente: familysearch.org



**Fig. 4.** *Ubicación satelital de la zona de estudio*  
Fuente: Google Earth 2023



**Fig. 5.** Vista de satélite de la zona de estudio  
Fuente: Google Earth 2023

#### 2.4.2. Delimitación temporal.

La investigación tendrá una duración de 4 meses, dentro del período de lluvias para poder desarrollar el aforo de caudal.

#### 2.4.3. Delimitación social.

Es el área socioeconómica en la que se desarrolla el estudio es en el Barrio Ccaraspampa, zona urbano-rural dentro del distrito de Pausa, provincia de Páucar del Sara Sara, en el departamento de Ayacucho.

#### 2.4.4. Delimitación conceptual.

La temática general de la tesis es HIDRAULICA DE CONDUCTOS ABIERTOS, de donde se ha identificado como temática específica el DISEÑO DEL CANAL DE RIEGO. Así mismo, se considera la verificación del tipo de revestimiento y los taludes de acuerdo al tipo de suelo.

Por otro lado, se verificarán las obras de arte que se requieran, tomando como referencia el Manual de “Criterios de Diseños de Obras Hidráulicas para la Formulación de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales y de Afianzamiento Hídrico” de la Autoridad Nacional del Agua [11].

Para las verificaciones utilizaremos como herramientas, los modelos hidráulicos disponibles y los programas de cómputo existentes en la especialidad, tales como: HCanales y Hec-Ras para diseño de canales de riego.

## 2.5. Instrumentos y técnicas de medición y recolección.

### 2.5.1 Instrumentos de recolección de datos

Los principales instrumentos que se aplicaron en las técnicas son: Equipo fotográfico, tabla de recolección de información poblacional, equipo topográfico, equipo de cómputo.



**Fig. 6.** Instrumentos de recolección de datos topográficos.  
Fuente: [www.viaindustrial.com](http://www.viaindustrial.com)

**TABLA II**  
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS Y PARÁMETROS DEL CANAL

Datos del Canal						
Progresiva	Sección	Material	Tirante	Estado	Velocidad	Pendiente
0+000						
0+020						
0+040						
0+060						
0+080						
0+100						
0+120						
0+140						
0+160						
0+180						
...						

**TABLA III**  
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE AFORO DEL CANAL

Datos de Aforo (Método Área - Velocidad)						
Progresiva	Tramo	Longitud (m)	Tiempo de recorrido (min)	Cálculos		
				Área (m <sup>2</sup> )	Velocidad (m/seg)	Caudal (m <sup>3</sup> /seg)
0+000						
0+020						
0+040						
...						

**TABLA IV**  
FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS TOPOGRÁFICOS DEL CANAL

Datos Topográficos (Libreta de campo para Estación Total)						
Estación	Punto visado	Angulo Horizontal	Distancias (min)	Coordenadas		
				Este (X)	Norte (Y)	Cota (Z)
E1	1					
	2					
	....					
E2	1					
	2					
	....					

2.5.2 Técnicas de recolección de datos

Las principales técnicas que se ha empleado en la investigación son: Observación de campo no experimental y recopilación de información temática.

2.5.3 Técnicas de procesamiento, análisis e interpretación de datos

Las técnicas de procesamiento: Recolección de datos, Procesamiento de información, presentación y publicación de los resultados. Respecto al análisis será el cuantitativo y su interpretación objetiva basado en las normas nacionales actuales.

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Desarrollo de la Investigación

##### 3.1.1 Estudio Topográfico

Se realizó el estudio topográfico, obteniendo las curvas de nivel y posteriormente la elaboración del plano topográfico. La zona de ubicación del canal se encuentra al noreste del centro poblado de Pausa. se encuentra rodeado de cerros que son del tipo rocoso y algunos arcillosos, estos cerros hacen que la localidad sea de una topografía accidentada.

El levantamiento se realizó con equipo estación total. Se tomó como referencia las coordenadas UTM ubicadas sobre un banco de nivel y control topográfico horizontal obtenidas con un receptor de datos de satélite GPS, con un error máximo de 1m. Los puntos de control horizontal y vertical se instalaron al punto BM1 en el inicio del canal del sector 2 Ccaraspampa.

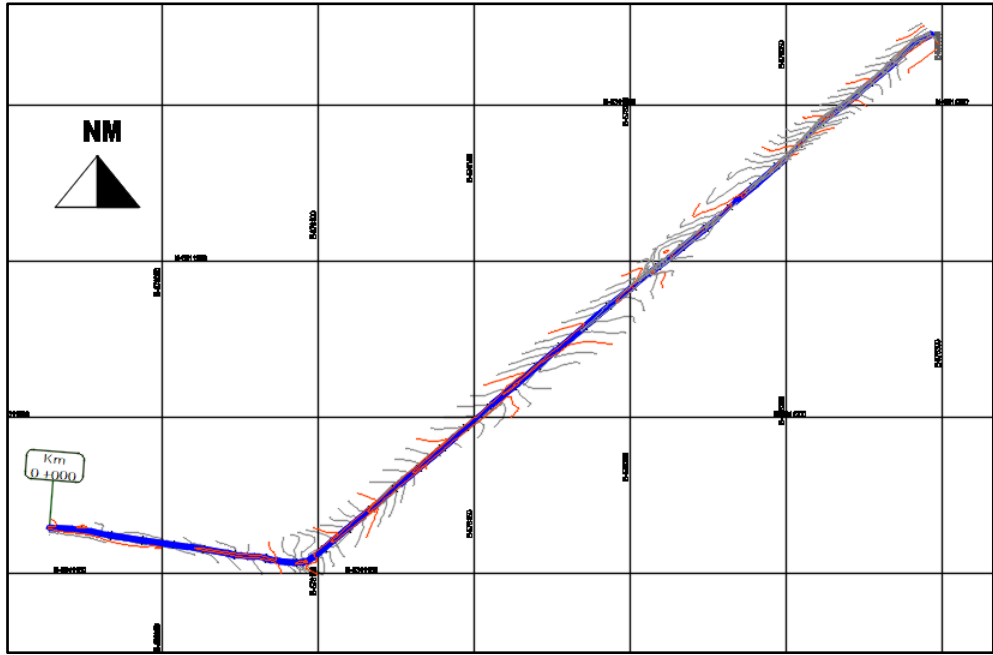
La metodología de campo y gabinete fue la siguiente:

- a) Reconocimiento del terreno. - Se recorrió la zona del sector 2 Ccaraspampa, desde el inicio del canal a estudiar se observó los detalles de las zonas críticas a lo largo del tramo urbano y posibles zonas erosivas en algunos puntos.
- b) Levantamiento topográfico. - En este caso se empleó instrumentos adecuados (equipo estación total, prisma, wincha, trípode, GPS) para obtener las curvas de nivel, la sección típica existente y las pendientes a lo largo del canal.
- c) Las secciones transversales. - Se tomaron secciones transversales al eje de acuerdo a los tramos uniformes encontrados en el terreno, el espaciamiento de la toma de datos entre secciones ha dependido de la variación de la sección del canal. El estacado a lo largo del alineamiento mostrado en planos después de procesar las curvas de nivel es a cada 20 m.
- d) Dibujo de planos y geometría del canal

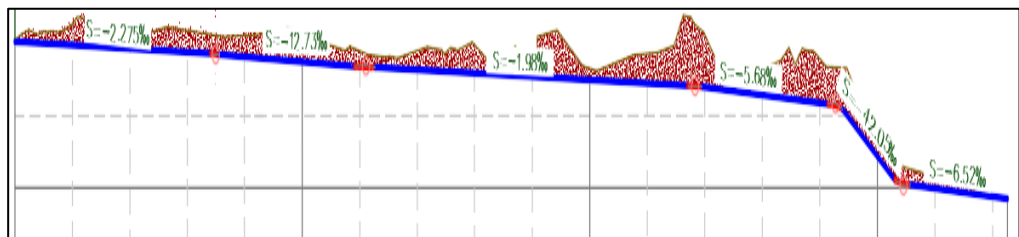
Los planos para la vista de planta del canal se han trabajado a la escala de 1:500. Con curvas de nivel a cada 0.2 m. Para el perfil longitudinal las escalas, vertical y horizontal son 1/100 y 1/1000 respectivamente.

El procesamiento de los datos topográficos en gabinete se realizó con las herramientas siguientes:

- Para procesar datos y calcular algunas características hidráulicas se usó hojas de cálculo (EXCEL)
- Para procesar las curvas de nivel, perfiles y secciones transversales se utilizó el software de dibujo topográfico AutoCAD Civil 3D.



**Fig. 7.** Plano topográfico vista en planta



**Fig. 8.** Plano topográfico vista en perfil longitudinal

### 3.1.2 Estado del canal

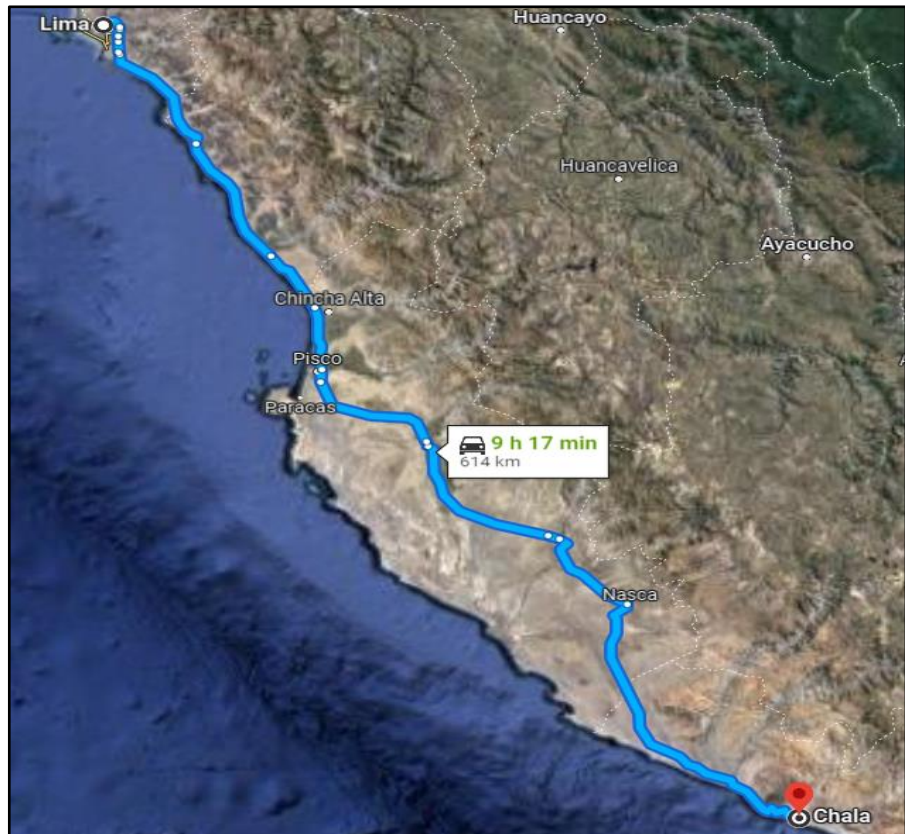
#### 3.1.2.1 Accesibilidad

Para llegar al lugar se toma como punto de partida la ciudad de Lima hasta llegar a Chala y de allí directo hasta Ccaraspampa según la tabla:

**TABLA V**  
ACCESO A LA ZONA DE INVESTIGACIÓN

Tramo de ruta	Long. km	Tipo de vía	Estado de vía
Lima – Ica – Nazca – Chala	614	Asfaltada	Bueno
Chala – Chaparra – Salla Salla - Pausa	193	Asfaltada	Bueno
Pausa – Canal sector 2 - Ccaraspampa	1.20	Afirmada	regular

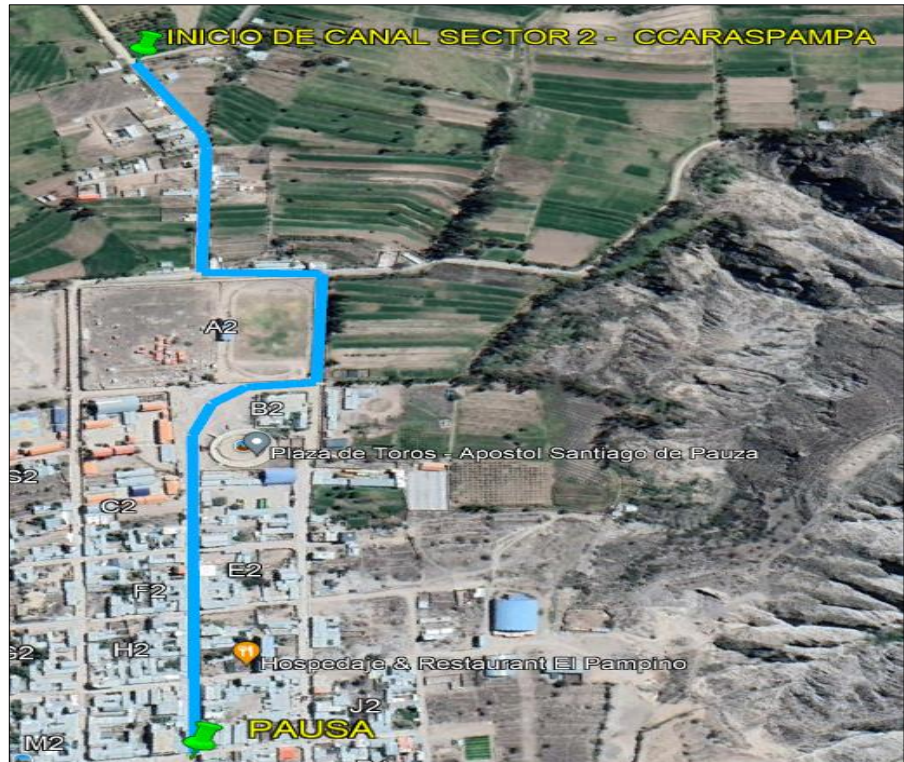
Fuente: Google Maps 2023



**Fig. 9.** Tramo Lima –Chala  
Fuente: Google Maps 2023



**Fig. 10.** Tramo Chala - Pausa  
Fuente: Google Maps 2023



**Fig. 11:** Pausa – Canal sector 2 - Ccaraspampa  
Fuente: Google Earth 2013

### 3.1.2.2 Evaluación del canal

Se hizo un recorrido por toda su longitud para obtener datos del estado físico del canal:

**TABLA VI**  
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS Y PARÁMETROS DEL CANAL

Progresiva	Sección natural promedio	Material/tipo de suelo	Tirante prom. (m)	Estado	Pendiente
0+000	Rectangular	Natural	0.25	Con vegetación	-2.275
0+072.61	Rectangular	Natural	0.25	Con desperdicios	-2.275 ‰
0+124.19	Rectangular	Natural	0.23	Fondo pedregoso con desperdicios	-12.73 ‰
0+236.61	Rectangular	Natural	0.24	Fondo pedregoso con vegetación	-1.98 ‰
0+285.31	Rectangular	Natural	0.25	Con escombros y vegetación	-5.68 ‰
0+309.11	Rectangular	Natural	0.22	Fondo pedregoso con escombros	-42.05 ‰
0+345	Rectangular	Natural	0.25	Con vegetación	-6.52 ‰

### Captación

El canal principal de irrigación Pausa toma su caudal directamente del río Mirmaca, donde los sectores de Huanca – Huayllas – Ccaraspampa - Cruz Misionero, y Santa Rosa riegan a través del canal que conduce un caudal de capacidad máxima de 0.737 m<sup>3</sup>/seg [12].



**Fig. 12:** Zona de captación del río Mirmaca.

### Canal de conducción

Existen dos tramos uno revestido y otro canal natural cada uno con secciones diferentes. Las pérdidas de agua se producen principalmente en los tramos no revestidos produciéndose infiltración especialmente en la zona urbana.



**Fig. 13.** Vista del canal en zona urbana.



**Fig. 14:** *Vista del canal en el tramo urbano Sector 2 - Ccaraspampa.*



**Fig. 15:** *Vista interna del canal natural con escombros.*

### 3.1.3 Caudal disponible

Ya que no existe información del caudal se recurre a métodos de cálculo empíricos, mediante observaciones y medición y determinación de parámetros según las

características geomorfológicas y de cobertura vegetal del canal para determinar el caudal máximo disponible. Para ello se han aplicado dos metodologías.

- Método de Velocidad - Área
- Método de Sección y la pendiente

a) Método de Velocidad - Área

Consiste en tomar dos secciones transversales en un tramo uniforme del canal, distanciadas como mínimo con 10 m de longitud. Luego mediante un flotador que recorre dicho tramo se mide el tiempo de recorrido con lo cual se puede determinar la velocidad media del canal. Además, hay que determinar el área de cada una de las secciones y con dichos datos se determina el caudal. Se tomaron en cuenta los siguientes pasos:

- Se seleccionó 2 zonas en diferentes lugares del canal, buscando que estos tramos sean lo más uniforme posible.
- En cada uno de ellos se midió el área de la sección de inicio y final, la profundidad de la sección se hace en el eje del canal. Se usó un nivel óptico y una wincha para este propósito.



**Fig. 16.** *Obtención de profundidades del canal*

- Se midió la velocidad superficial del agua ( $V_s$ ) que discurre en los tramos medidos considerando el tiempo que el flotador se demora en recorrerlo de inicio a fin. Se aplicaron las recomendaciones del MINAGRI [13].



**Fig. 17.** Soltando en flotador en el inicio del tramo de aforo

- Se calculó el área mojada de la sección transversal del canal durante el pase del agua por el sector 2 Ccaraspampa.
- El proceso se repitió 3 veces en cada tramo, obteniéndose los siguientes datos:

**TABLA VII**  
VELOCIDAD PROMEDIO - CANAL PAUSA SECTOR 2 CCARASPAMPA

Tramo	Distancia (m)	Tiempo (seg)	Factor de corrección	Velocidad (m/seg)	Pendiente (m/m)
1	10	18	0.7	0.556	0.002275
	10	18	0.7	0.556	0.002275
	10	19	0.7	0.526	0.002275
2	10	18	0.7	0.556	0.002275
	10	19	0.7	0.526	0.002275
	10	18	0.7	0.556	0.002275
Velocidad promedio (Vs) =				0.546	m/seg

Siendo el área promedio de la sección del canal  $A = 0.185 \text{ m}^2$  en la expresión:

$$Q = FC \times A \times V$$

Donde el valor del factor de corrección ( $F_c$ ) se adopta según el tipo de río o canal y la profundidad del mismo, considerando la siguiente tabla:

**TABLA VIII**  
**FACTOR DE CORRECCIÓN FC**

Tipo de cauce	Factor de corrección FC
Canal revestido en concreto, profundidad del agua > 15	0.8
Canal en tierra, profundidad del agua > 15 cm	0.7
Riachuelos profundidad del agua > 15 cm	0.5
Canal en tierra, profundidad del agua < 15 cm	0.25 - 0.5

Fuente: MINAGRI 2015 [13]

De acuerdo a los observado en campo se toma el Factor FC = 0.7, luego:

$$Q = 0.7 \times 0.185 \times 0.546$$

$$Q = 0.0707 \text{ m}^3/\text{seg}$$

b) Método de la sección y la pendiente

Hay que determinar primero el coeficiente de rugosidad “n”. Para ello se puede utilizar los valores recomendados por Ven Te Chow [14].

Coeficiente de rugosidad

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
<b>C. Excavado o dragado</b>			
<b>a. En tierra, recto y uniforme</b>			
1. Limpio, recientemente terminado	0.016	0.018	0.020
2. Limpio, después de exposición a la intemperie	0.018	0.022	0.025
3. Con gravas, sección uniforme, limpio	0.022	0.025	0.030
4. Con pastos cortos, algunas malezas	0.022	0.027	0.033
<b>b. En tierra, serpenteante y lento</b>			
1. Sin vegetación	0.023	0.025	0.030
2. Pastos, algunas malezas	0.025	0.030	0.033
3. Malezas densas o plantas acuáticas en canales profundos	0.030	0.035	0.040
4. Fondo en tierra con lados en piedra	0.028	0.030	0.035
5. Fondo pedregoso y bancas con malezas	0.025	0.035	0.040
6. Fondo en cantos rodados y lados limpios	0.030	0.040	0.050
<b>c. Excavado con pala o dragado</b>			
1. Sin vegetación	0.025	0.028	0.033
2. Matorrales ligeros en las bancas	0.035	0.050	0.060
<b>d. Cortes en roca</b>			
1. Lisos y uniformes	0.025	0.035	0.040
2. Afilados e irregulares	0.035	0.040	0.050
<b>e. Canales sin mantenimiento, malezas y matorrales sin cortar</b>			
1. Malezas densas, tan altas como la profundidad de flujo	0.050	0.080	0.120
2. Fondo limpio, matorrales en los lados	0.040	0.050	0.080
3. Igual, nivel máximo de flujo	0.045	0.070	0.110
4. Matorrales densos, nivel alto	0.080	0.100	0.140

**Fig. 18.** Valores de la rugosidad de Manning

Fuente: Hidráulica de los Canales Abiertos - Ven Te Chow (1994)

[https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/6/23042/Torres\\_SJ.pdf?sequence=5](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/6/23042/Torres_SJ.pdf?sequence=5)

El valor seleccionado corresponde a canales en tierra, fondo pedregoso y bancas con malezas:

$$n = 0.035$$

Con los datos de sección promedio del canal, pendiente y rugosidad se reemplazan en la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{A \times \left(\frac{A}{P}\right)^{2/3} \times S^{1/2}}{n}$$

- Área de la sección promedio del canal existente = 0.185 m<sup>2</sup>
- Perímetro mojado de la sección = 1.240 m
- Pendiente del fondo = 0.002275 m/m
- Rugosidad del cauce del canal = 0.035

Por lo tanto, reemplazando en la ecuación de Manning se obtiene:

$$Q = \frac{0.185 \times \left(\frac{0.185}{1.240}\right)^{2/3} \times 0.002275^{1/2}}{0.035}$$

$$Q = 0.0709 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Se verifica con la aplicación de Hcanales donde se tiene:

The screenshot shows the Hcanales software interface with the following data:

**Lugar:** canal sector 2 Ccaraspampa  
**Tramo:** pendiente S= 0.002275  
**Proyecto:** TESIS  
**Revestimiento:** CANAL DE TIERRA

**Datos:**

- Tirante (y): 0.25 m
- Ancho de solera (b): 0.74 m
- Talud (Z): 0
- Coefficiente de rugosidad (n): 0.035
- Pendiente (S): 0.002275 m/m

**Resultados:**

- Caudal (Q): 0.0709 m<sup>3</sup>/s
- Area hidráulica (A): 0.1850 m<sup>2</sup>
- Radio hidráulico (R): 0.1492 m
- Número de Froude (F): 0.2448
- Tipo de flujo: Subcrítico
- Velocidad (v): 0.3833 m/s
- Perímetro (p): 1.2400 m
- Espejo de agua (T): 0.7400 m
- Energía específica (E): 0.2575 m·Kg/Kg

A diagram of a trapezoidal canal cross-section is shown with labels for top width (T), bottom width (b), and water depth (y).

**Fig. 19.** Cálculo del caudal en Hcanales

Resumiendo, luego de aplicar los métodos indicados se tiene:

**TABLA IX**  
RESUMEN DE RESULTADOS

Método de Estimación	Caudal (m <sup>3</sup> /seg)
Método de la Velocidad - Área	0.0707
Método de la sección y la pendiente	0.0709
<b>Caudal promedio (m<sup>3</sup>/seg) =</b>	<b>0.0708</b>

### 3.1.4 Régimen de flujo

Se determina con el número de Froude [15], que es el cociente entre la velocidad media y la celeridad relativa de la onda dinámica. La velocidad media se toma la calculada mediante aforo porque representa lo real medido en campo:

$$F_R = \frac{V}{\sqrt{g \times Dh}}$$

Siendo: V = Velocidad promedio (m/seg)

$g$  = Aceleración de la gravedad (m/seg<sup>2</sup>)

$D_h$  = profundidad hidráulica (m) =  $A/T$

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

$T$  = Ancho de la lámina libre (m)

Reemplazando datos:

$$D_h = \frac{0.185}{0.74} = 0.25 \text{ m}$$
$$F_R = \frac{0.3822}{\sqrt{9.81 \times 0.25}} = \frac{0.3822}{1.566} = 0.244$$

considerando los siguientes criterios:

- Sí  $Fr = 1$ , flujo crítico.
- Sí  $Fr < 1$ , flujo subcrítico
- Sí  $Fr > 1$ , flujo supercrítico.

Luego, en este caso:

$$F_R = 0.244 < 1 \rightarrow (\text{Flujo subcrítico})$$

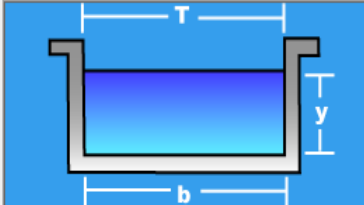
### 3.1.5 Verificación de parámetros en todo el canal

Con el software Hcanales se determinan otros parámetros como tirante normal, área hidráulica, espejo de agua, número de Froude, etc., para todos los tramos conformados por las diversas pendientes que han definido de acuerdo al levantamiento topográfico:

Lugar:	canal sector 2 Ccaraspampa	Proyecto:	TESIS
Tramo:	pendiente S=0.002275	Revestimiento:	CANAL DE TIERRA

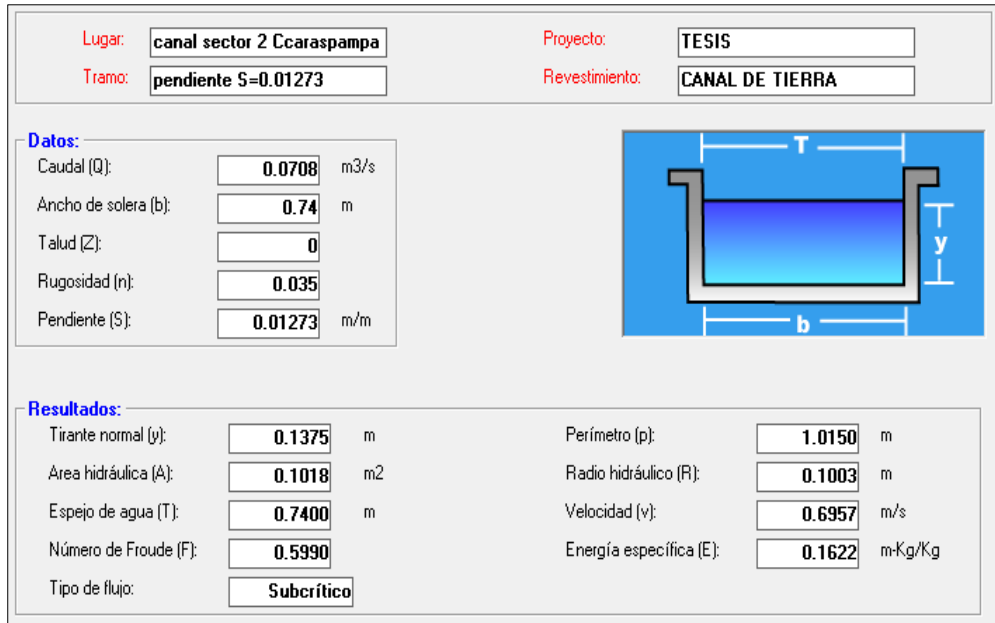
  

<b>Datos:</b>		
Caudal (Q):	0.0708	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	0.74	m
Talud (Z):	0	
Rugosidad (n):	0.035	
Pendiente (S):	0.002275	m/m

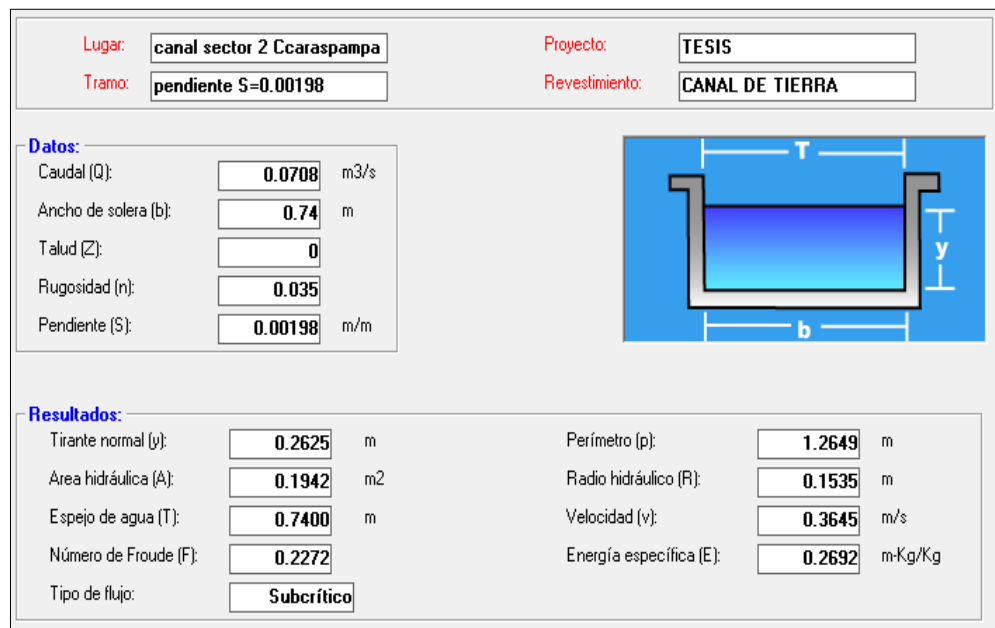
  

<b>Resultados:</b>					
Tirante normal (y):	0.2497	m	Perímetro (p):	1.2394	m
Área hidráulica (A):	0.1848	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	0.1491	m
Espejo de agua (T):	0.7400	m	Velocidad (v):	0.3832	m/s
Número de Froude (F):	0.2448		Energía específica (E):	0.2572	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico				

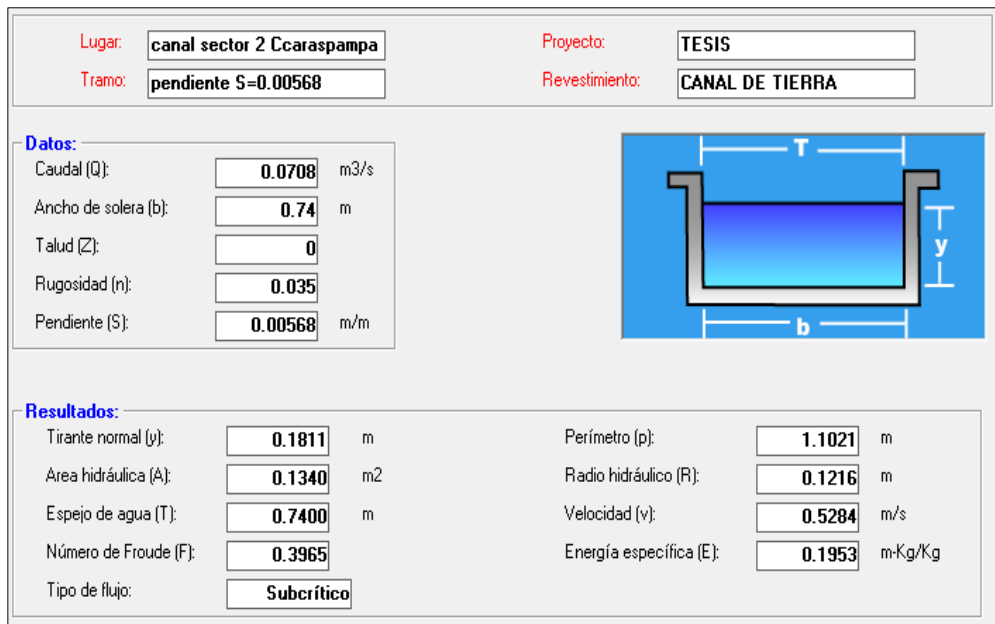
**Fig. 20.** Tramo I del canal con pendiente 0.002275 m/m



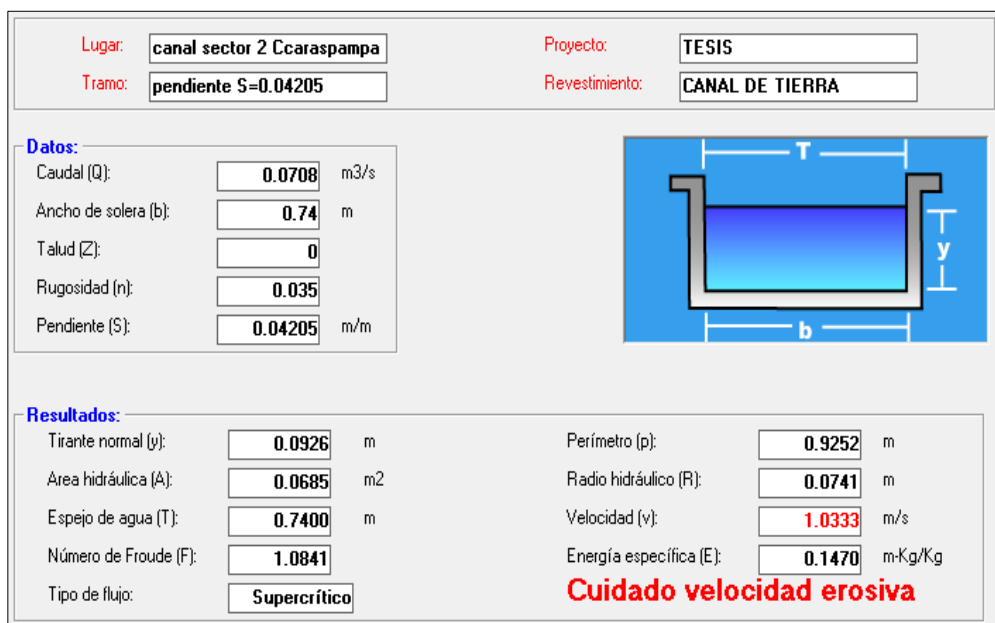
**Fig. 21.** Tramo II del canal con pendiente 0.01273 m/m



**Fig. 22.** Tramo III del canal con pendiente 0.00198 m/m



**Fig. 23.** Tramo IV del canal con pendiente 0.00568 m/m



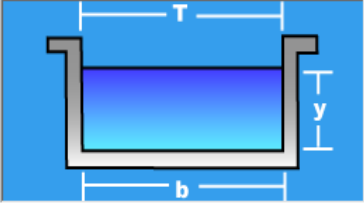
**Fig. 24.** Tramo V del canal con pendiente 0.04205 m/m

Lugar:	canal sector 2 Ccaraspampa	Proyecto:	TESIS
Tramo:	pendiente S=0.00652	Revestimiento:	CANAL DE TIERRA

**Datos:**

Caudal (Q):	0.0708	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	0.74	m
Talud (Z):	0	
Rugosidad (n):	0.035	
Pendiente (S):	0.00652	m/m

**Resultados:**

Tirante normal (y):	0.1727	m	Perímetro (p):	1.0853	m
Área hidráulica (A):	0.1278	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	0.1177	m
Espejo de agua (T):	0.7400	m	Velocidad (v):	0.5541	m/s
Número de Froude (F):	0.4258		Energía específica (E):	0.1883	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico				

**Fig. 25.** Tramo VI del canal con pendiente 0.00652 m/m

Resumiendo, del análisis hidráulico se tiene:

**TABLA X**  
RESUMEN DE RESULTADOS CON HCANALES

Tramo	Caudal (m <sup>3</sup> /seg) Q	n	Pend. S (m/m)	Tirante normal (m) y	área hidráulica (m <sup>2</sup> )	Veloc. (m/seg) V	Flujo
I	0.0708	0.035	0.002275	0.2497	0.1848	0.3832	Subcrítico
II	0.0708	0.035	0.01273	0.1375	0.1018	0.6957	Subcrítico
III	0.0708	0.035	0.00198	0.2625	0.1942	0.3645	Subcrítico
IV	0.0708	0.035	0.00568	0.1811	0.1340	0.5284	Subcrítico
V	0.0708	0.035	0.04205	0.0926	0.0685	1.0333	Supercrítico
VI	0.0708	0.035	0.00652	0.1727	0.1278	0.5541	Subcrítico

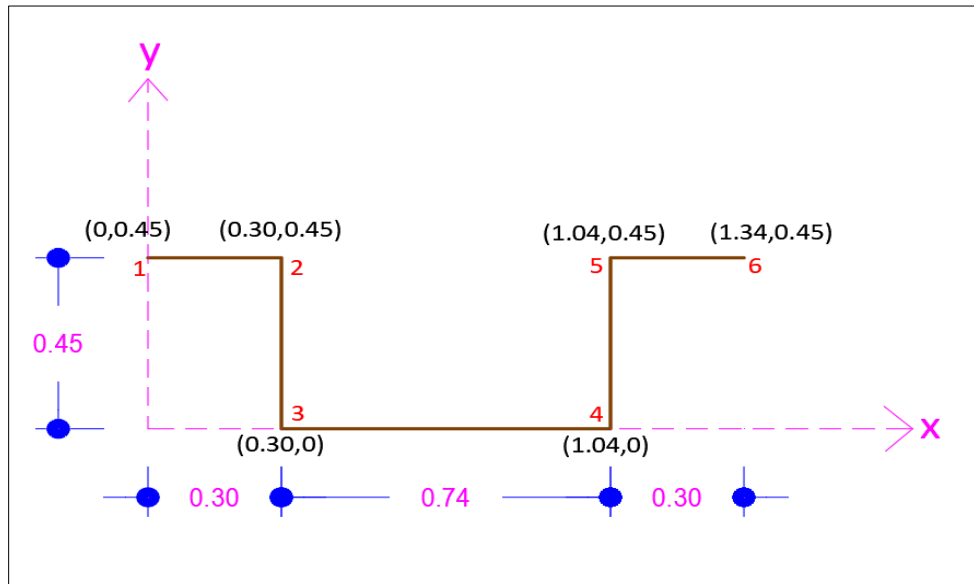
Como se puede apreciar, algunos tirantes coinciden con lo observado, sin embargo, la diferencia depende de la pendiente del tramo, por ello las velocidades también varían a pesar de que las áreas son similares en la mayoría de los casos. En general el régimen de flujo en el canal es subcrítico, siendo solo un tramo de pendiente mayor con flujo supercrítico, denotando que la velocidad es erosiva. Por consiguiente, se modelará el canal con HEC-RAS 4.1.0 [16] para identificar posibles zonas de desborde.

### 3.1.6 Modelación del canal en condiciones reales

#### a) Sección transversal promedio:

Se ha definido previamente una sección transversal promedio para facilitar el ingreso de datos al HEC-RAS, debido a que las secciones encontradas según el

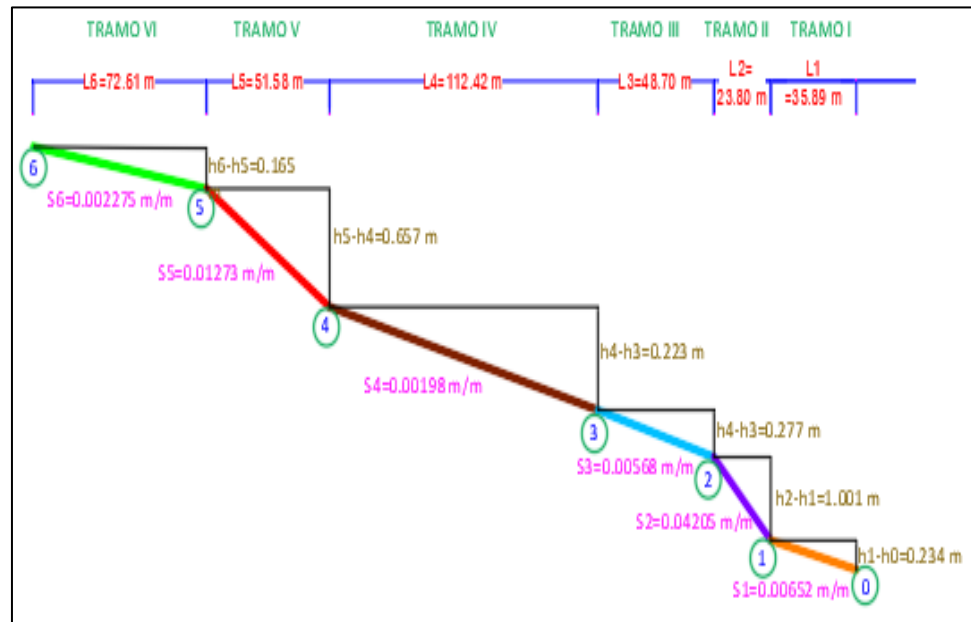
levantamiento topográfico son variables. Luego se determinó las coordenadas de la sección transversal promedio.



**Fig. 26.** Coordenadas de la sección transversal de inicio para HEC-RAS

c) Perfil longitudinal

Para la modelación se requiere conocer las pendientes de cada tramo y las diferencias de nivel existentes entre cada sección en el punto de cambio de pendiente, según el siguiente gráfico:

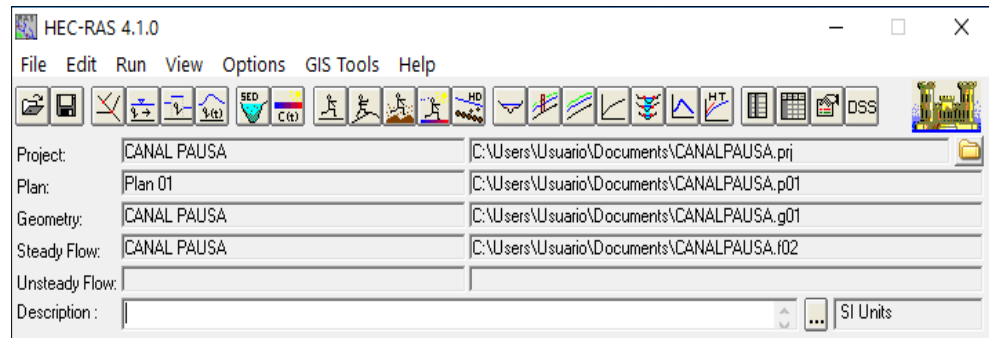


**Fig. 27.** Ubicación y numeración de secciones transversales

En la figura anterior, los números en azul son las secciones transversales del canal que se van a introducir al HEC-RAS. Se denominan desde aguas abajo hacia aguas arriba.

b) Creación del proyecto de simulación

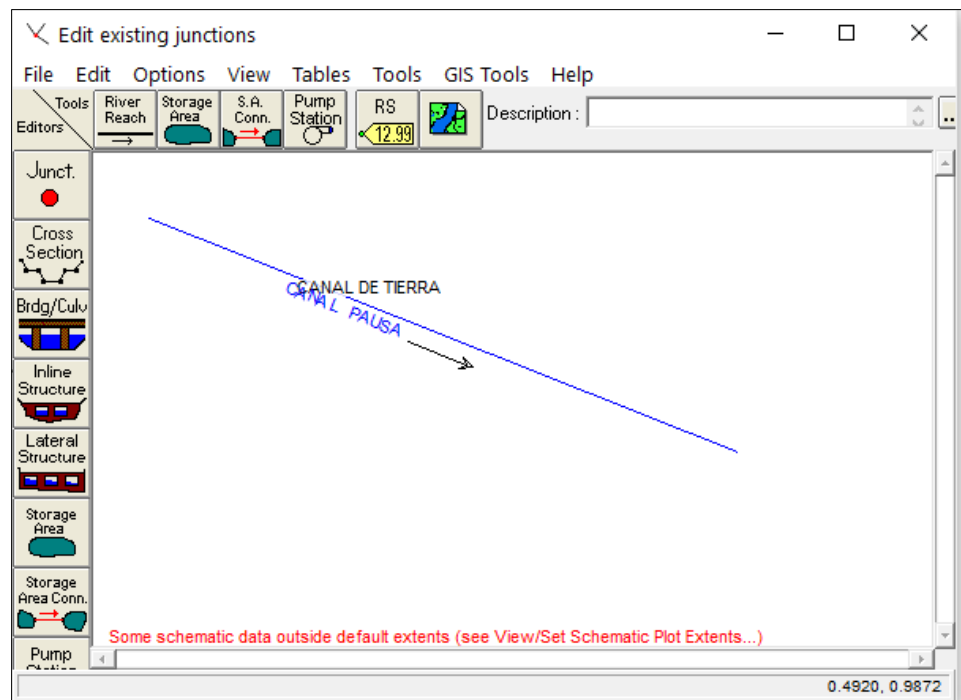
La modelación se inicia creando una carpeta para el proyecto con la opción File: New Project, indicando el nombre y ubicación de la carpeta de archivos que va a generar HEC-RAS:



**Fig. 28.** Creación del proyecto del canal Pausa

c) Edición de la geometría del canal:

Con la opción *Edit: Geometric Data* se ingresan las coordenadas de las secciones del canal así como sus elevaciones, en el menú *Edit storage Areas* (Editor de Datos Geométricos). Primero se traza el tramo del canal y luego se nombra.

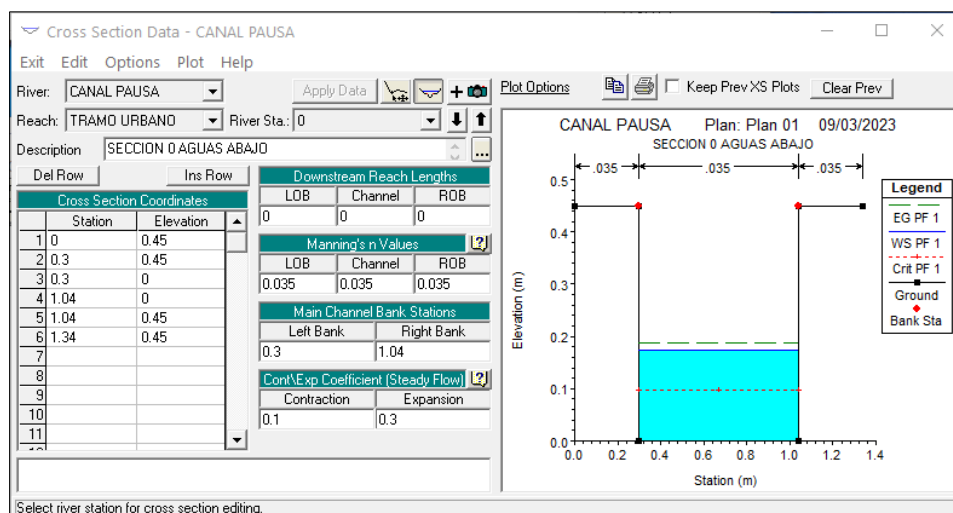


**Fig. 29.** Ingreso de datos geométricos del canal

d) Ingreso de secciones transversales:

Mediante el ícono *Cross Section* se accede al formato para ingresar las coordenadas de las secciones transversales del canal. Aquí también se pueden ingresar datos de elevación, según el esquema indicado en las figuras 20 y 21.

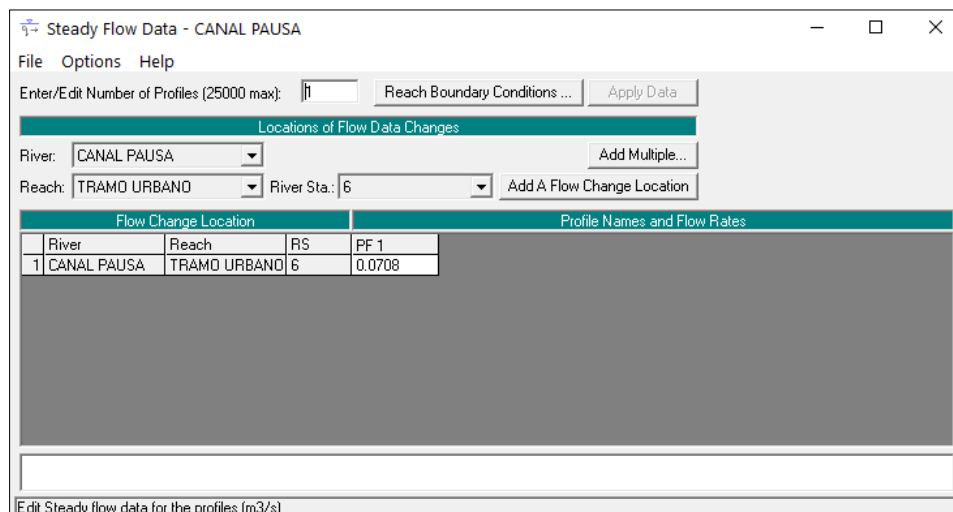
Se ingresan también la rugosidad del canal y la longitud de cada tramo antes de la primera sección aguas abajo (*Downstream Reach Lengths*).



**Fig. 30.** Ingreso de datos de la primera sección transversal

e) Ingreso de datos de flujo:

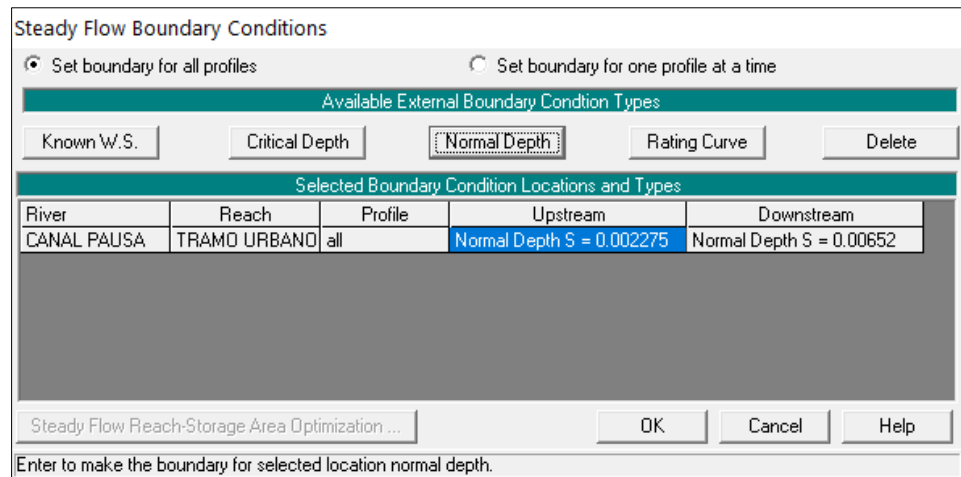
Mediante la opción *Steady Flow Data* (Datos de flujo permanente) se ingresan datos de caudal y pendientes. Bajo el título *PF1* (Perfil 1) se ingresa el caudal con el cual se simula el canal.



**Fig. 31.** Ingreso del caudal para la simulación

f) Ingreso de condiciones de borde del canal.

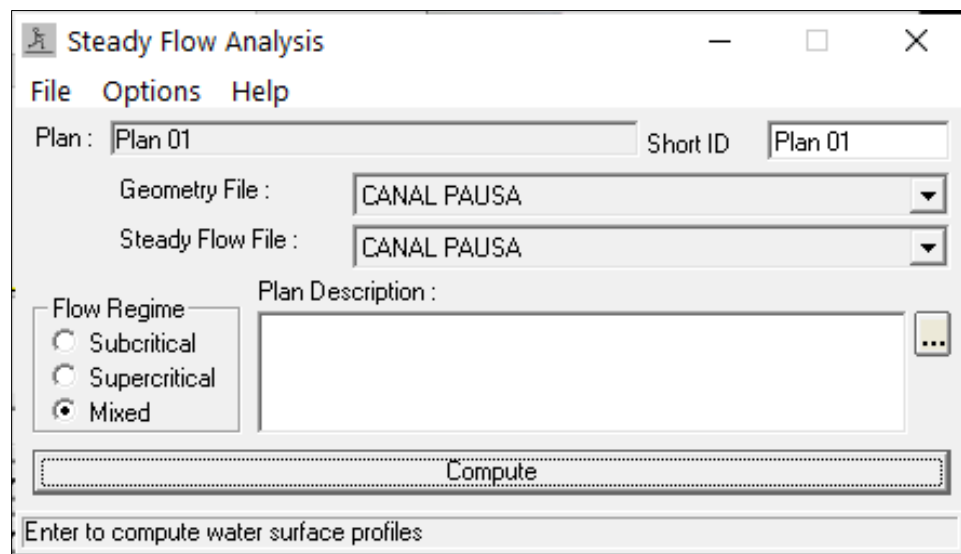
Cuando no se tiene un tirante aguas arriba o aguas abajo que defina el régimen de flujo, HEC-RAS permite ingresar las pendientes conocidas en la opción *Normal Depth* del tramo aguas arriba (*Upstream*) y aguas abajo (*Downstream*). Con ello procesará su algoritmo para determinar qué tipo de flujo corresponde a cada tramo del perfil longitudinal. El ingreso de las pendientes de inicio y final se realizan a través de la opción *Reach Boundary Conditions* (Condiciones de borde del canal). Para ello se debe tener los datos de pendientes del tramo aguas arriba y del tramo aguas abajo.



**Fig. 32.** Ingreso de las condiciones de borde del canal

g) Plan de simulación del flujo:

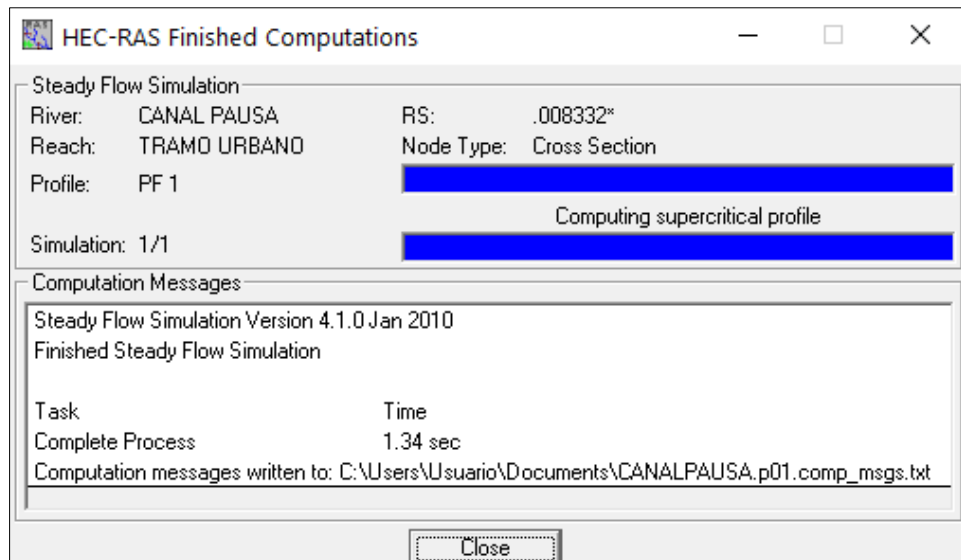
Una vez que ya se han ingresado tanto datos geométricos como datos de flujo se procede a correr la simulación mediante la opción Run: Steady Flow Analysis (Análisis de Flujo Permanente). Se aplica la opción mixta, para las condiciones de borde que se ingresaron:



**Fig. 33.** Selección del análisis en flujo mixto

h) Simulación:

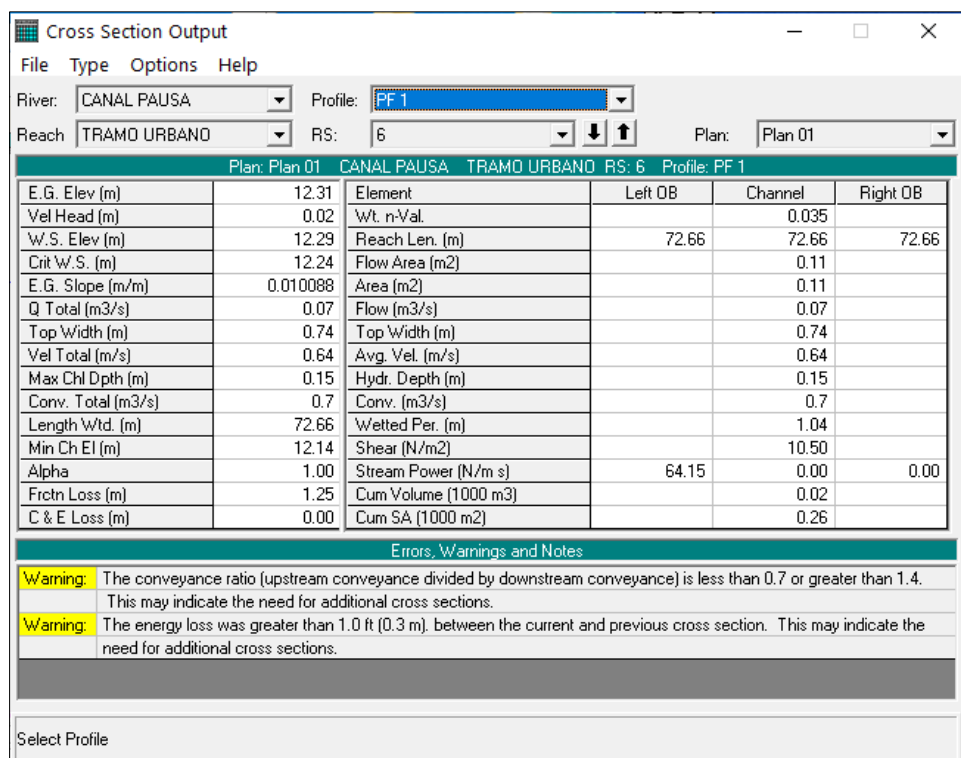
Al aplicar la opción Compute, HEC-RAS hará los cálculos para determinar el tipo de régimen en el canal, velocidades, tirantes, líneas de energía, etc. Si falta ningún dato de flujo o geométrico el programa hace la simulación del flujo sin problemas.



**Fig. 34.** Simulación del flujo mixto sin problemas

i) Errores y advertencias en la simulación:

No obstante, que la simulación no tuvo problemas para hacer el análisis, hay que hacer una revisión de los reportes tabulares de cada sección transversal, donde se puede observar los datos generados a partir de la simulación, sin embargo, pueden aparecer mensajes de advertencia en cada sección transversal que indicarán el problema y la forma de solucionarlo. Esto se puede ver en el menú *View*, opción *Cross Section Output* (Salida de datos de la sección transversal).



**Fig. 35.** Reporte de datos de una sección transversal y notificación de errores

En este caso aparece un mensaje de error o advertencia donde se indica que la pérdida de energía fue superior a 1,0 pies (0,30 m). Entre la sección transversal actual y la anterior. Esto puede indicar la necesidad de secciones transversales adicionales.

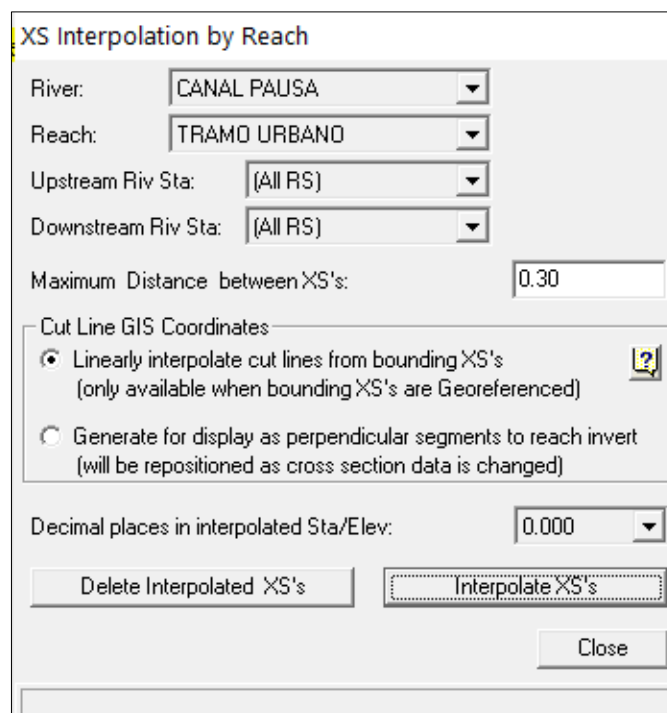
O también que la pendiente es demasiado empinada para que el área de la pendiente converja durante los cálculos de flujo supercrítico (la profundidad normal está por debajo de la profundidad crítica) La superficie del agua se establece en la profundidad crítica.

Otra advertencia es que la ecuación de energía no se equilibra dentro de los números de iteración especificados, por lo que el programa usó la profundidad crítica para la superficie del agua y continuó con los cálculos.

Estos problemas se pueden solucionar ingresando más secciones transversales, interpolando más secciones entre las principales ingresadas.

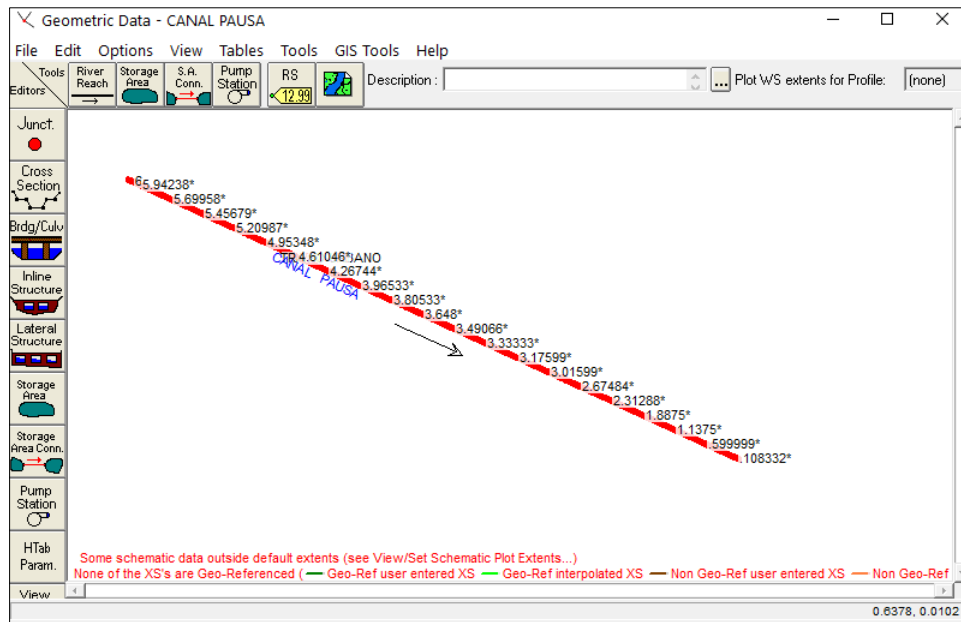
j) Interpolación de secciones transversales:

Para interpolar más secciones recurrimos al editor de datos geométricos y en el menú *Tools: XS Interpolation: Within a Reach*, donde ingresamos la distancia máxima entre secciones transversales (*Maximum Distance between XS's*), en este caso se usó 0.10 m.



**Fig. 36.** *Interpolación de más secciones transversales*

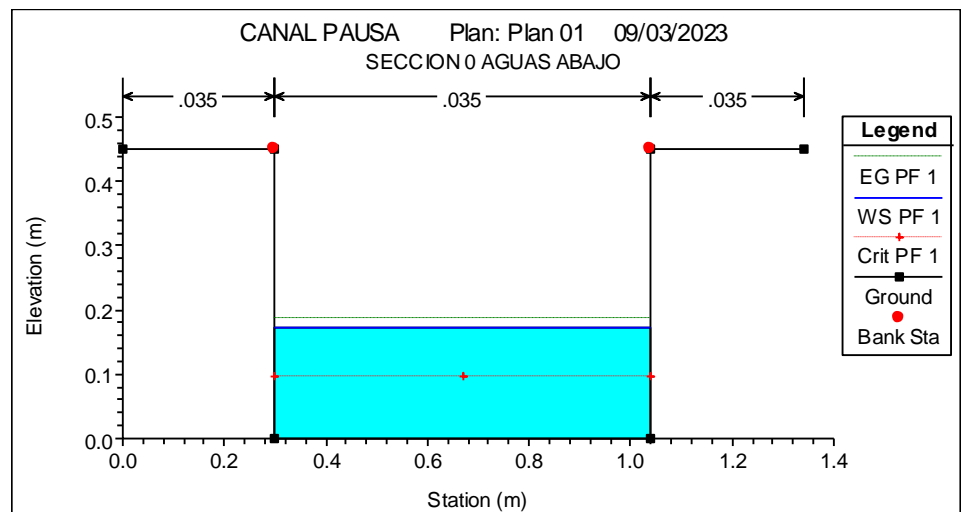
Luego se aplicó *Interpolate XS's* y *Close* para cerrar. Si se revisa la ventana principal del editor de datos geométricos se aprecia que ya incluyo más secciones transversales, las cuales van seguidas del símbolo asterisco (\*).



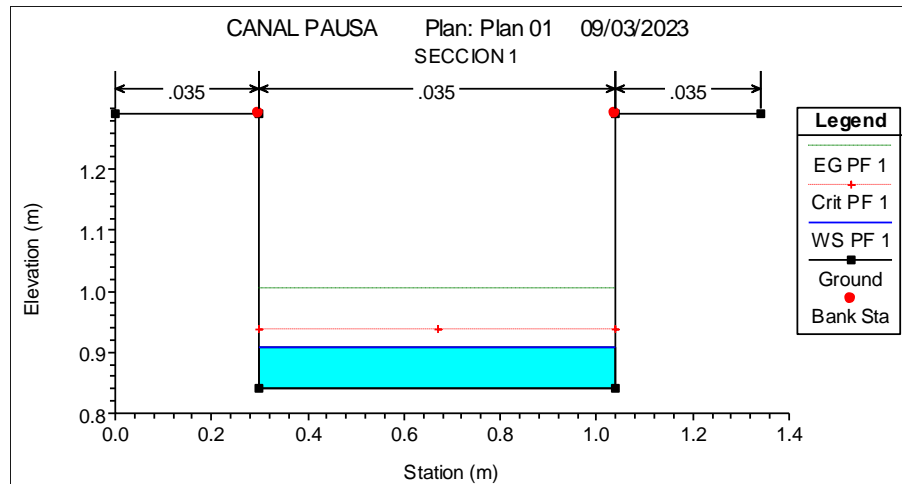
**Fig. 37.** Vista de las nuevas secciones interpoladas

k) Flujo simulado en secciones transversales:

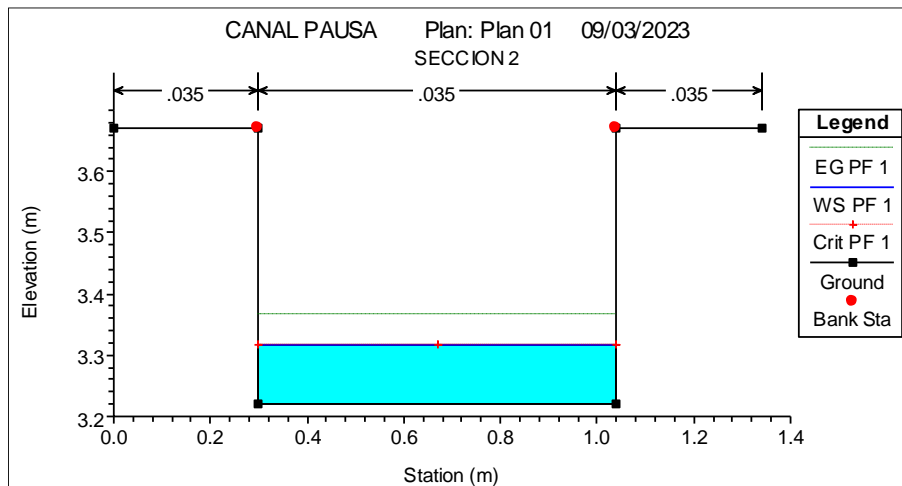
Nuevamente se realiza el análisis y se verifica que ya no hay mensajes de error. A continuación, se muestran las secciones transversales generadas.



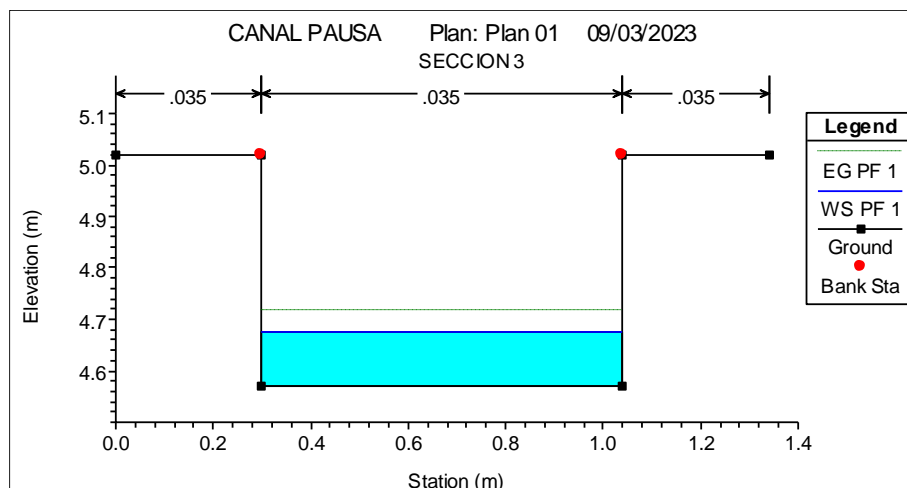
**Fig. 38.** Sección transversal 0, Aguas abajo



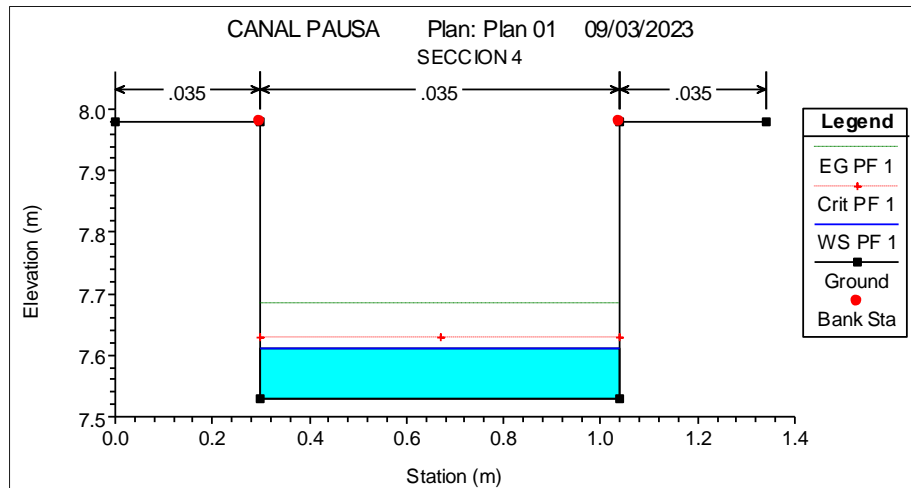
**Fig. 39.** Sección transversal 1



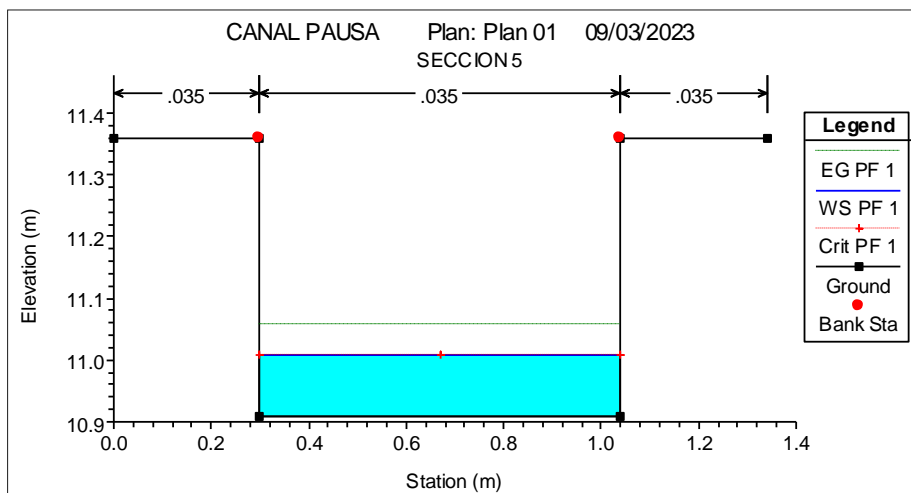
**Fig. 40.** Sección transversal 2



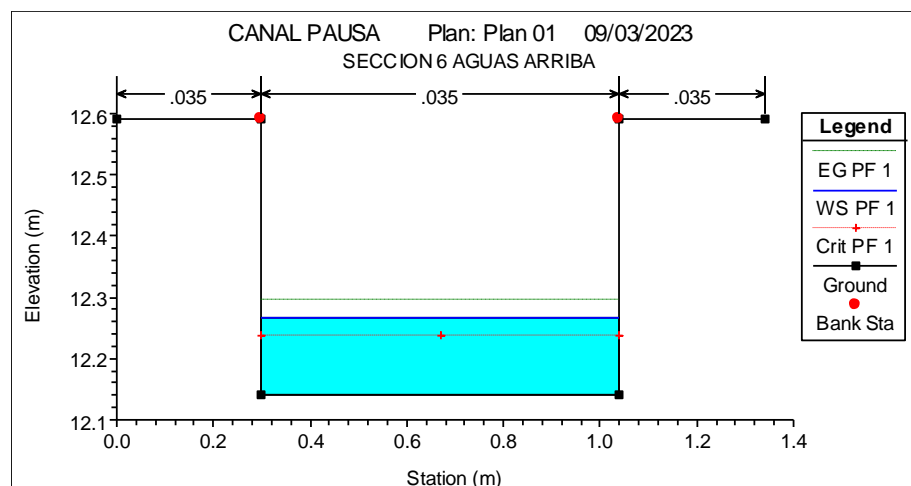
**Fig. 41.** Sección transversal 3



**Fig. 42.** Sección transversal 4



**Fig. 43.** Sección transversal 5



**Fig. 44.** Sección transversal 6

1) Resumen de datos del canal en condiciones actuales:

A continuación, se muestran los datos generales del canal procesado en el HEC-RAS.

**TABLA XI**  
**RESULTADOS DE LA MODELACIÓN CON HEC RAS 4.1.0 DEL CANAL ACTUAL**

Sección	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Tirante crítico (m)	Tirante máximo (m)	Velocidad (m/s)	No. de Froude	Tipo de flujo
6	0.0708	0.1	0.130	0.76	0.69	Subcrítico
5	0.0708	0.1	0.100	0.98	1.00	Crítico
4	0.0708	0.1	0.080	1.20	1.36	Supercrítico
3	0.0708	0.1	0.011	0.90	0.88	Subcrítico
2	0.0708	0.1	0.100	0.98	1.00	Crítico
1	0.0708	0.1	0.070	1.38	1.67	Supercrítico
0	0.0708	0.1	0.170	0.55	0.43	Subcrítico

Los tramos tienen flujo supercrítico, crítico y subcrítico. En el tramo con mayor pendiente el flujo es supercrítico siendo necesario una solución práctica para evitar la erosión en el fondo del canal ya que se consideraría como una rápida.

Resumiendo:

- El canal en condiciones actuales conduce 0.0708 m<sup>3</sup>/seg.
- La mayoría de sus tramos tienen pendientes bastante pronunciadas que generan velocidades erosivas, donde se pierde agua por filtraciones.
- Se observa también que la modelación define mejor el régimen de flujo respecto a lo calculado con Hcanales.

### 3.2 Propuestas de mejoramiento

Considerando que el canal presenta velocidades erosivas, es necesario evaluar alternativas que permitan conducir el 100% del caudal disponible  $Q = 0.0708$  m<sup>3</sup>/seg.

#### 3.2.1 Procedimiento metodológico para el diseño

- a) Determinar la sección transversal de máxima eficiencia hidráulica para el caudal de diseño  $Q = 0.0708$  m<sup>3</sup>/seg.
- b) De preferencia mantener las pendientes originales. Se podrá mejorar siempre que no representen excesivos movimientos de tierra.
- c) Se propone por usar una sección de canal rectangular con revestimiento de concreto. Para lo cual  $n = 0.014$ .
- d) Se realizará el análisis hidráulico preliminar aplicando el software Hcanales.
- e) La modelación con las mejoras propuestas se hará aplicando HEC-RAS 4.1.0.

#### 3.2.2 Sección de máxima eficiencia hidráulica

Para tal efecto se utiliza el software Hcanales que define la sección de máxima eficiencia hidráulica a partir del caudal de diseño  $Q = 0.0708$  m<sup>3</sup>/seg.

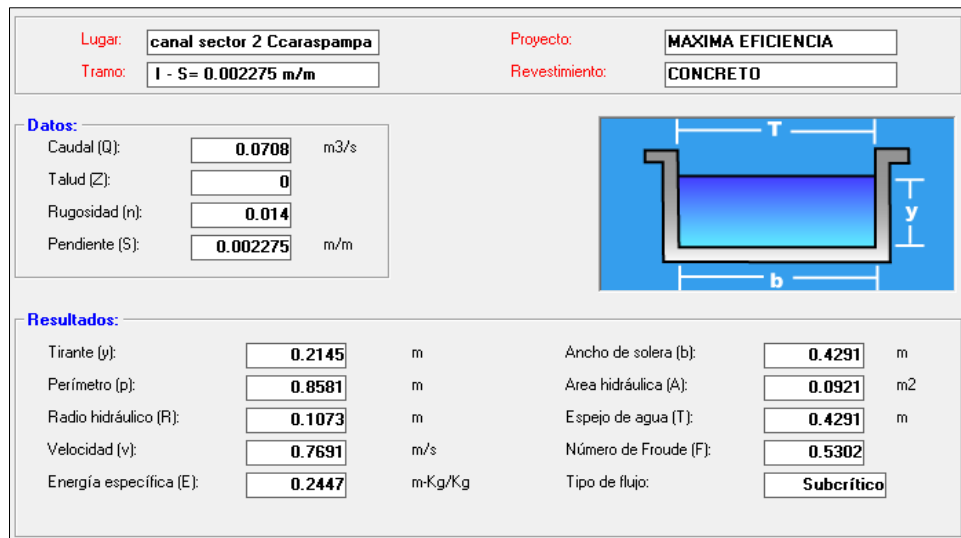


Fig. 45. Sección de máxima eficiencia para el primer tramo  $S=0.002275$  (m/m)

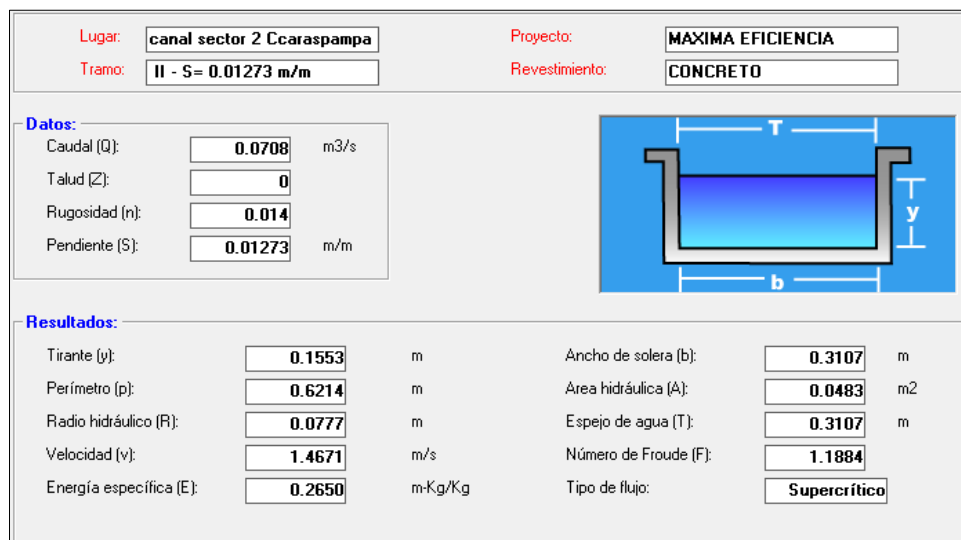


Fig. 46. Sección de máxima eficiencia para el segundo tramo  $S=0.01273$  (m/m)

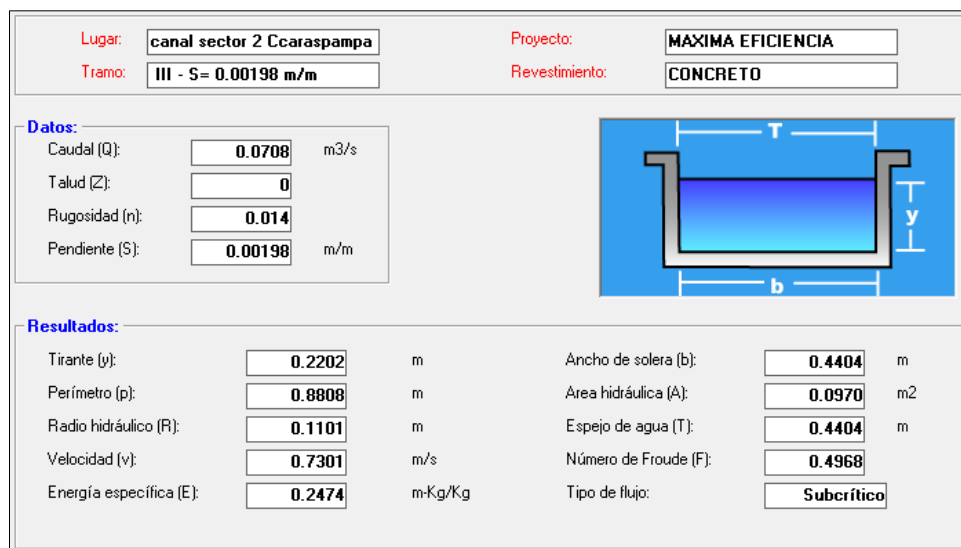


Fig. 47. Sección de máxima eficiencia para el tercer tramo  $S=0.00198$  (m/m)

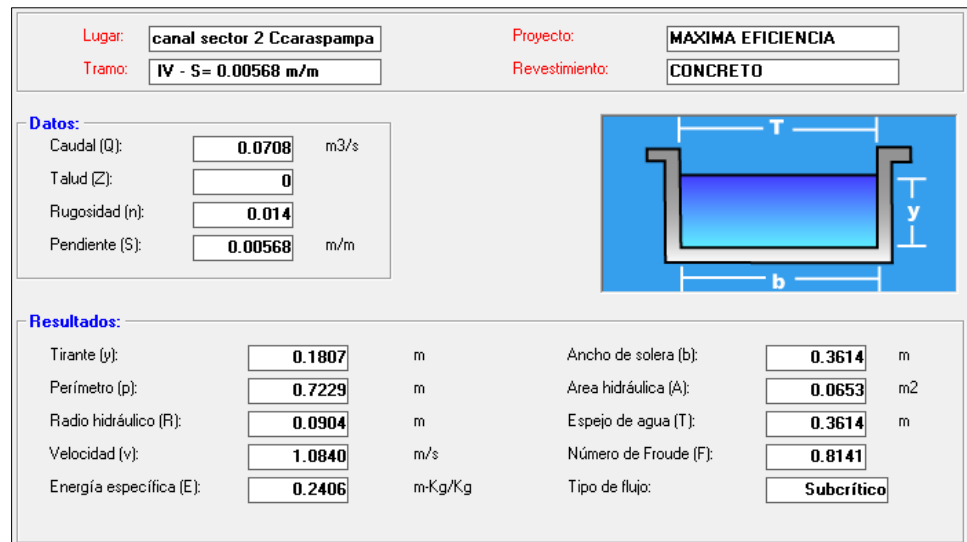


Fig. 48. Sección de máxima eficiencia para el cuarto tramo  $S=0.00568$  (m/m)

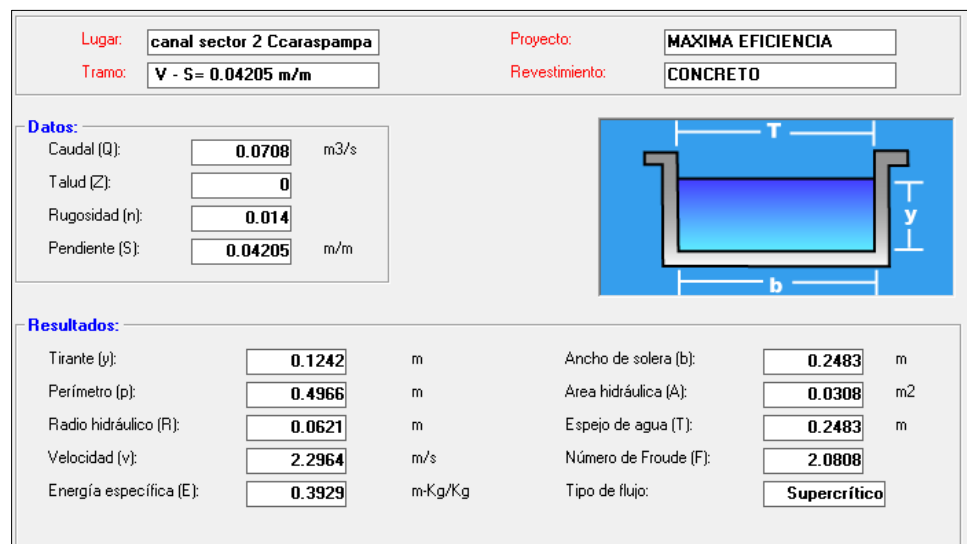


Fig. 49. Sección de máxima eficiencia para el quinto tramo  $S=0.04205$  (m/m)

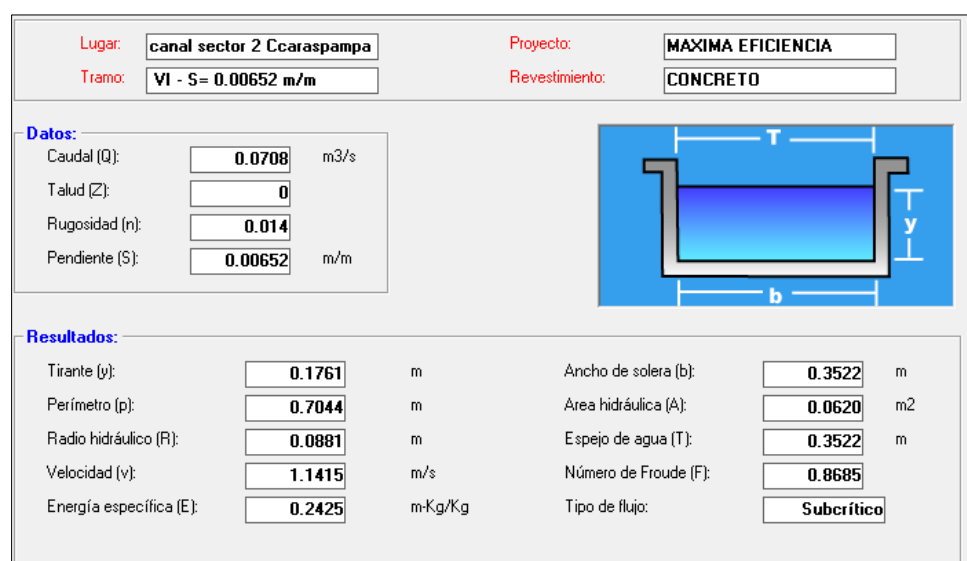


Fig. 50. Sección de máxima eficiencia para el sexto tramo  $S=0.00652$  (m/m)

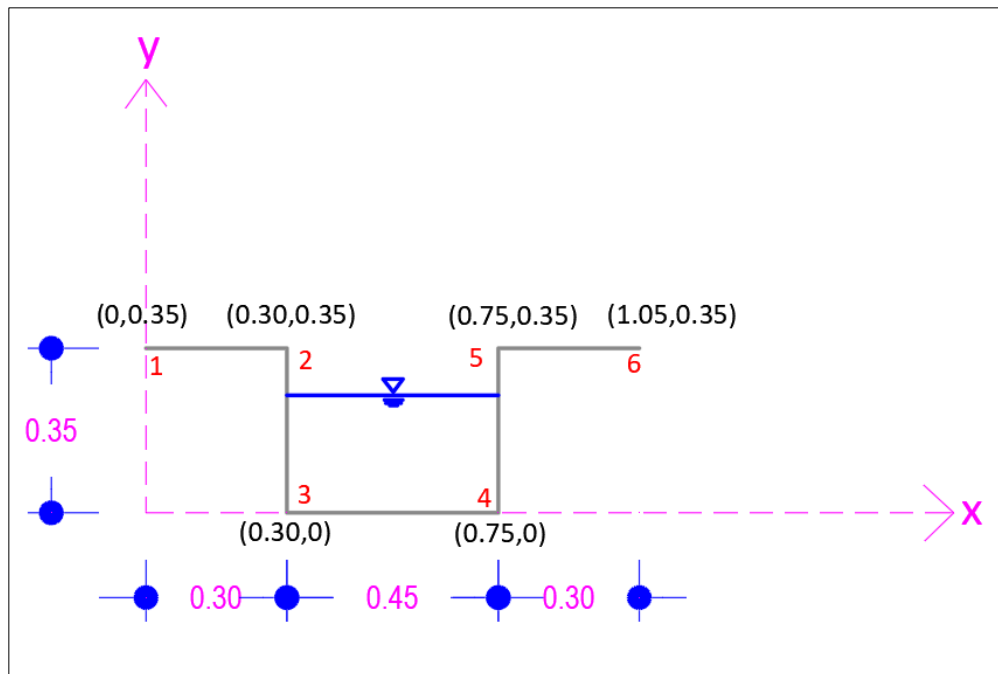
Resumiendo:

**TABLA XII**  
SECCIONES DE MÁXIMA EFICIENCIA SEGÚN TRAMOS

Tramo	Ancho b (m)	Tirante y (m)	Rugosidad de Manning n	Pendiente S (m/m)
I	0.4291	0.2145	0.014	0.002275
II	0.3107	0.1553	0.014	0.01273
III	0.4404	0.2202	0.014	0.00198
IV	0.3614	0.1807	0.014	0.00568
V	0.2483	0.1242	0.014	0.04205
VI	0.3522	0.1761	0.014	0.00652

Por lo tanto, a fin de uniformizar el proceso constructivo, se toma el tirante y ancho mayor, que corresponde al tramo III y considerando que el borde libre mínimo es 0.10 m según el manual del ANA [11] la sección transversal a modelar en todo el canal es:

- $y = 0.2202 \text{ m} \cong 0.25 \text{ m}$  (tirante)
- $b = 0.4404 \text{ m} \cong 0.45 \text{ m}$  (ancho)
- $BL = 0.10 \text{ m}$  (borde libre)
- $HT = y + BL = 0.25 + 0.10 = 0.35 \text{ m}$  (Altura total del canal)

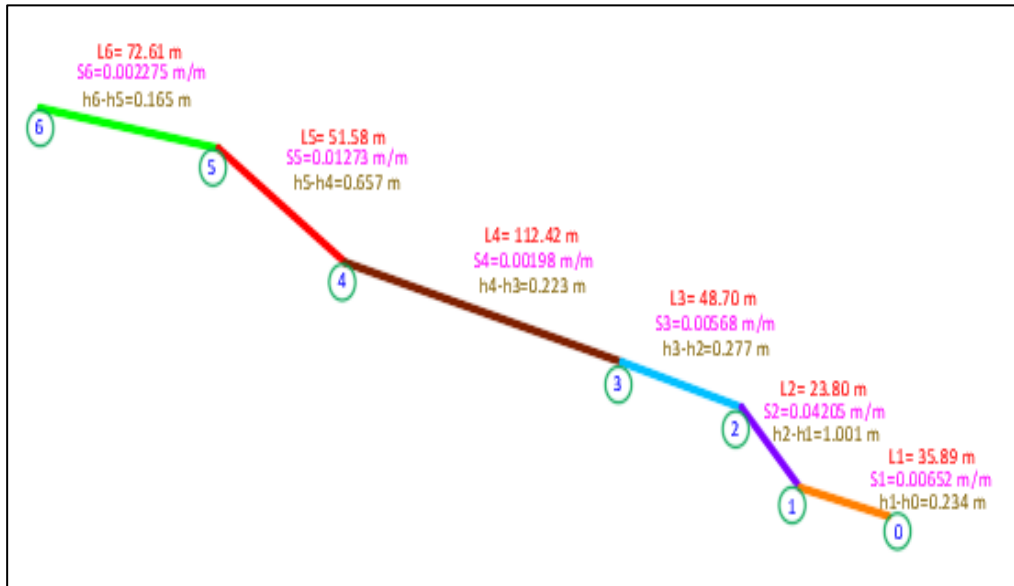


**Fig. 51.** Sección de máxima eficiencia para todo el canal

### 3.2.3 Diseño con sección rectangular revestida de concreto

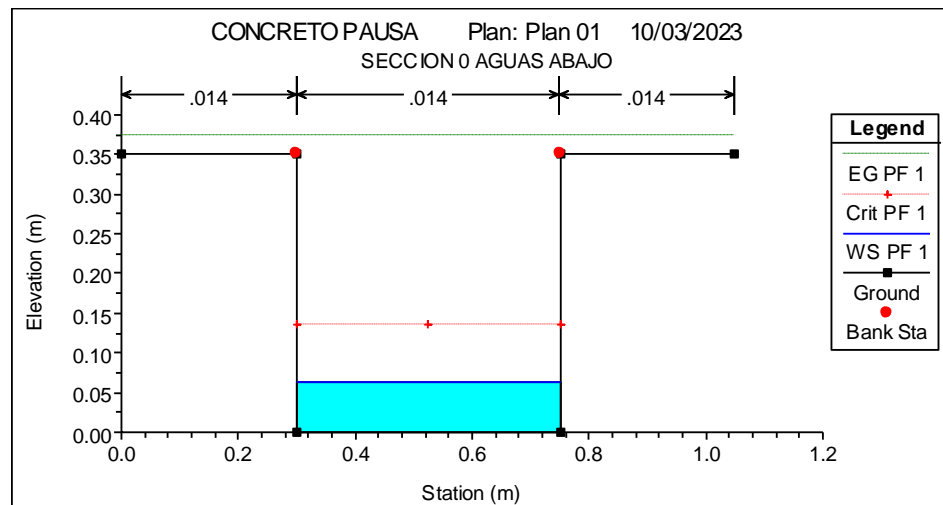
Considerando la figura anterior, se procesa el canal de concreto en HEC-RAS 4.1.0 tal como se hizo para la evaluación del canal de tierra.

Para modelar se tomarán los datos para las secciones transversales según como se aprecia en la siguiente figura:

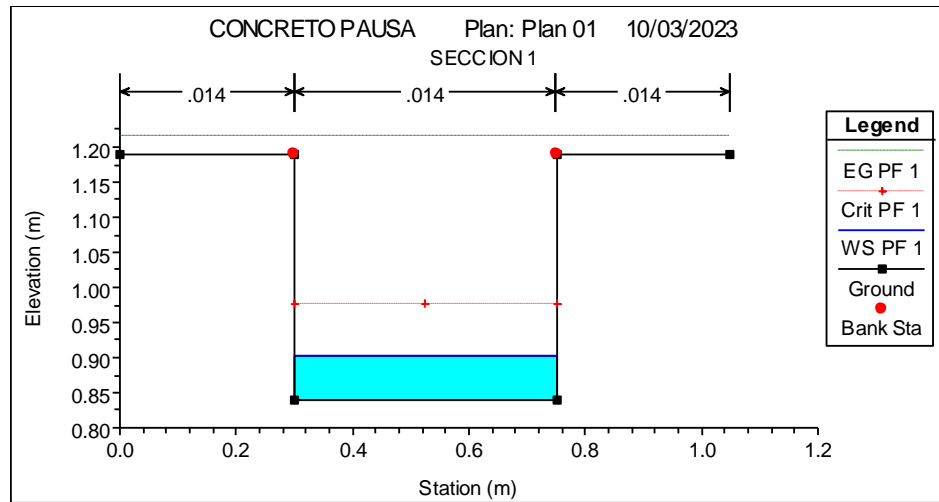


**Fig. 52.** Datos para la modelación con HEC-RAS 4.1.0

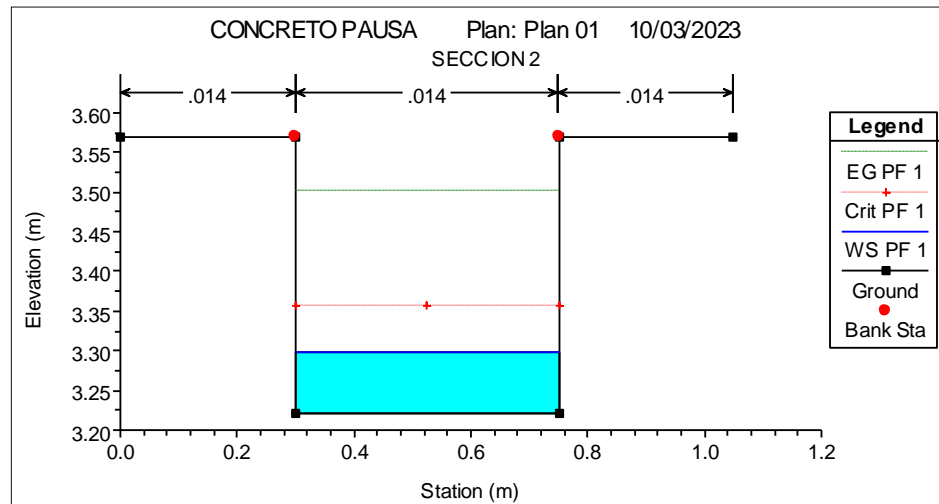
a) Modelación canal de concreto



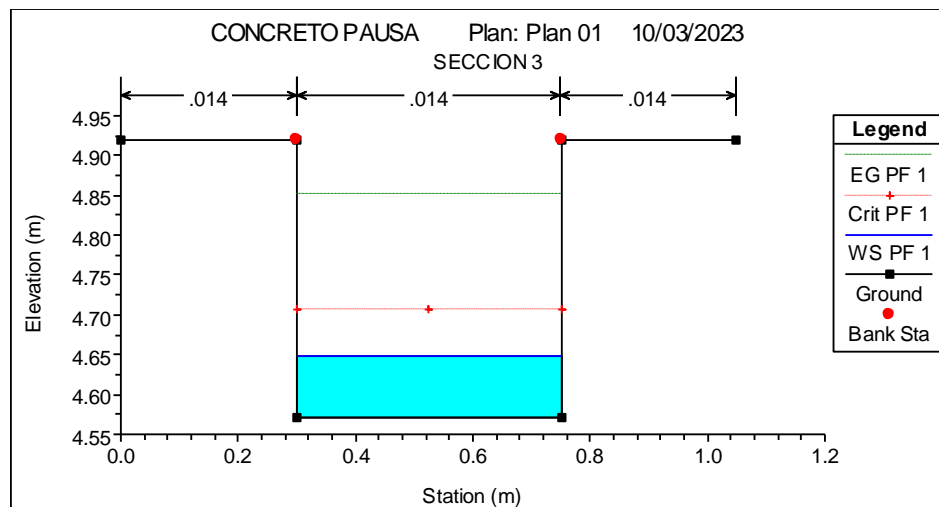
**Fig. 53.** Sección transversal 0 aguas abajo



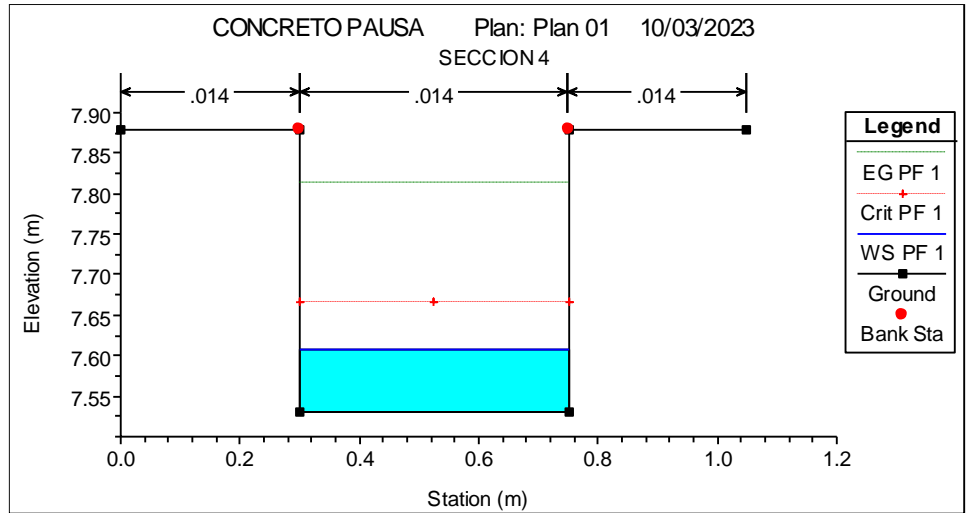
**Fig. 54.** Sección transversal 1



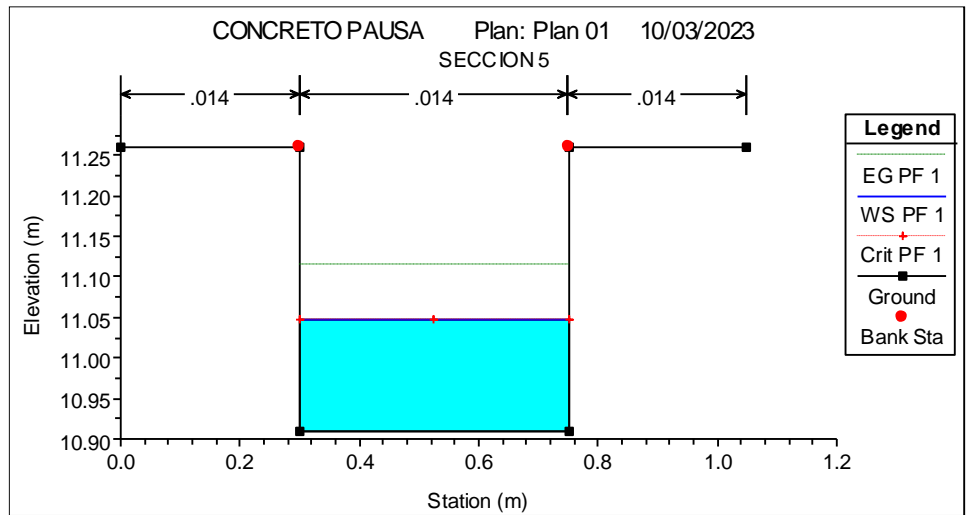
**Fig. 55.** Sección transversal 2



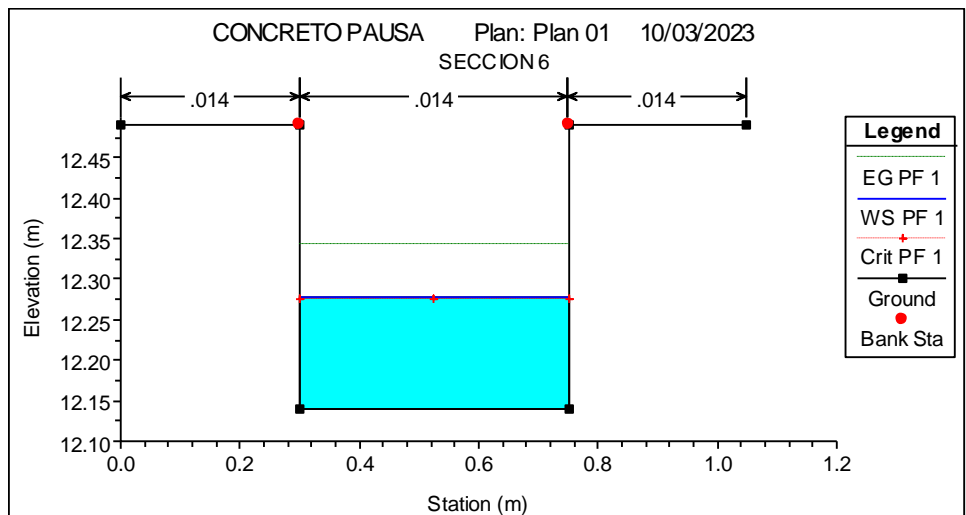
**Fig. 56.** Sección transversal 3



**Fig. 57.** Sección transversal 4



**Fig. 58.** Sección transversal 5



**Fig. 59.** Sección transversal 6 aguas arriba

**TABLA XIII**  
**RESULTADOS DE LA MODELACIÓN - CANAL DE CONCRETO**

Sección	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Tirante crítico (m)	Tirante máximo (m)	Velocidad (m/s)	No. de Froude	Tipo de flujo
6	0.0708	0.1362	0.1388	1.1327	0.9703	Subcrítico
5	0.0708	0.1362	0.1362	1.1544	0.9984	Subcrítico
4	0.0708	0.1362	0.0786	2.002	2.2801	Supercrítico
3	0.0708	0.1362	0.0786	2.002	2.2801	Supercrítico
2	0.0708	0.1362	0.0786	2.002	2.2801	Supercrítico
1	0.0708	0.1362	0.0637	2.4699	3.1243	Supercrítico
0	0.0708	0.1362	0.0637	2.4699	3.1243	Supercrítico

Aquí se aprecia, los tirantes mínimos que llegan hasta 0.1362 y los máximos hasta 0.1388 cm en flujos subcríticos. Se observa además que ya no se produce erosión debido al uso de concreto como revestimiento. La velocidad máxima llega hasta 2.47 m/seg.

#### 3.2.3.1 Sedimentación y erosión

IMEFEN [17] recomienda un rango de velocidad entre 0.10 y 0.20 m/seg para evitar para evitar sedimentación y crecimiento de plantas. En este caso no hay velocidades por debajo de ese rango por lo que no existirá sedimentación.

La mínima velocidad calculada en el canal es 1.13 m/seg y la máxima es 2.47. El canal no sufrirá erosión debido a su revestimiento con concreto, lo que reduce notablemente las pérdidas por filtración mejorando la eficiencia y evitando infiltraciones al entorno urbano.

## IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 Interpretación y Discusión de Resultados

Tras haberse desarrollado la evaluación hidráulica del canal los resultados permiten realizar la siguiente discusión:

1. En relación al primer objetivo específico, el estudio topográfico permitió determinar características geométricas del canal que sumadas a los datos de aforo permitió determinar el caudal que circula por el canal que resultó en  $Q = 0.0708 \text{ m}^3/\text{seg}$  con el cual se pudo determinar mediante el uso de Hcanales la existencia de velocidad erosiva en un tramo del canal que propicia la infiltración y flujo subcrítico en general, según como se muestra en la Tabla X.
2. En relación al segundo objetivo específico al realizar la modelación con HEC-RAS se demostró que hay variedad de flujo respecto a los datos encontrados con Hcanales, según se muestra en la Tabla XI, encontrándose flujos críticos, subcríticos y supercríticos, lo que indica que la modelación tiene influencia en la determinación de las características hidráulicas del canal proporcionando una información más certera, debido precisamente a su algoritmo de cálculo.
3. Y en relación al tercer objetivo específico, la propuesta de utilizar una sección transversal rectangular de máxima eficiencia hidráulica mejoró las condiciones del canal, al haberse modelado para una superficie de concreto. Lo cual permite la libre conducción del agua lo que se traduce en flujo supercrítico según se indica en la Tabla XV, mejorando las velocidades y eliminando la posibilidad de erosión y sedimentación.
4. Finalmente, en relación al objetivo general, la confluencia de todos estos resultados con la propuesta técnica analizada es la que influye notablemente en el mejoramiento del tramo urbano ya que la evacuación rápida de las aguas de riego en una estructura que no es pasible de deformaciones y filtraciones y preparada para contener una sección hidráulica que elimine los posibles desbordes, reducirá los problemas relacionados con el entorno urbano mencionados en la situación problemática.

### 4.2 Comprobación de Hipótesis

#### 4.2.1 Contrastación de Hipótesis General

H.G.: La evaluación de los parámetros hidráulicos del Canal de Irrigación Pausa, influye en el mejoramiento del tramo urbano Sector 2 – Ccaraspampa, distrito de Pausa, provincia Páucar del Sara Sara, departamento de Ayacucho.

Contrastación:

Se verifica la hipótesis ya que mediante el uso de las herramientas de diseño Hcanales y HEC-RAS 4.1.0 se pudo obtener los parámetros hidráulicos que rigen en el canal existente, a partir de los datos topográficos y de aforo, con los cuales se determinó el comportamiento real del flujo en el tramo urbano, de manera que en base a ello se logró determinar y procesar una propuesta de mejoramiento con infraestructura de concreto y sección de máxima eficiencia hidráulica.

#### 4.2.2 Contratación de Hipótesis Específicas

- a) Las características geométricas y parámetros hidráulicos del canal en estudio no garantizan el funcionamiento óptimo del tramo en estudio.

Contratación:

La hipótesis es afirmativa porque al determinarse las pendientes de cada tramo del canal y las secciones transversales mediante el levantamiento topográfico se pudo determinar que en el canal existen velocidades erosivas y variaciones en el tipo de flujo que ameritan reformular su geometría y su rugosidad.

- b) La modelación del canal actual permite conocer el comportamiento real del flujo.

Contratación:

Se afirma como verdadera esta hipótesis, ya que con la aplicación de las herramientas de análisis hidráulico Hcanales y HEC-RAS 4.1.0 fue posible conocer con mayor precisión los valores de los parámetros hidráulicos que rigen en el canal los cuales han servido para tomar la decisión en la propuesta técnica de solución.

- c) Las propuestas evaluadas permiten optimizar el comportamiento del flujo en el tramo en estudio.

Contratación:

La propuesta de mejorar el canal con revestimiento de concreto y sección hidráulica de máxima eficiencia hidráulica fueron evaluadas mediante la simulación con el modelo hidráulico HEC-RAS 4.1.0 en cual determinó el comportamiento real del flujo y las velocidades que mejoran las características cinéticas del canal y optimizan su geometría, en la zona urbana, evitando infiltración y sedimentación, lo cual se verifica esta hipótesis

## V. CONCLUSIONES

Estas se están describiendo en función de los objetivos de la investigación:

- 1) Mediante el levantamiento topográfico y el aforo de caudal se pudo determinar las características físicas y cinéticas del canal que aportan una visión clara de los posibles riesgos que pueden afectar a la zona urbana, confirmando la problemática expuesta. El canal que conduce un caudal de tiene un flujo de 0.0708 lt/seg. La alternativa evaluada confirma la mejora respecto al funcionamiento actual.
- 2) La simulación con HEC-RAS proporciona información más precisa indicada en la Tabla X, en relación a la obtenida con Hcanales, encontrándose que este modelo identifica mejor los tipos de flujo en cada tramo del canal (Tabla XI) y sus parámetros hidráulicos. Esto influye en caracterización del canal en condiciones reales.
- 3) La propuesta técnica evaluada implica usar sección de máxima eficiencia hidráulica de 0.45 m de solera por 0.35 m de altura total que incluye el borde libre, esta será de concreto, que mejora la conducción del flujo con velocidades mayores sin llegar a ser erosivas y evitando el riesgo de sedimentación.
- 4) En definitiva, la evaluación los parámetros hidráulicos del Canal de Irrigación Pausa ha influido en mejorar hidráulicamente el tramo urbano Sector 2 – Ccaraspampa.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- 1) Aplicar la alternativa técnica propuesta desarrollando los costos de inversión previamente.
- 2) Evaluar posibles incrementos del caudal de la fuente principal del canal Pausa.
- 3) Realizar mejoras en el entorno urbano como vías y veredas en relación a la geometría del canal propuesto.
- 4) Evaluar otros tramos dentro de la zona urbana del centro poblado Pausa que pudieran tener problemas similares al estudiado.
- 5) Desarrollar cálculo estructural para diseño de obras de arte.

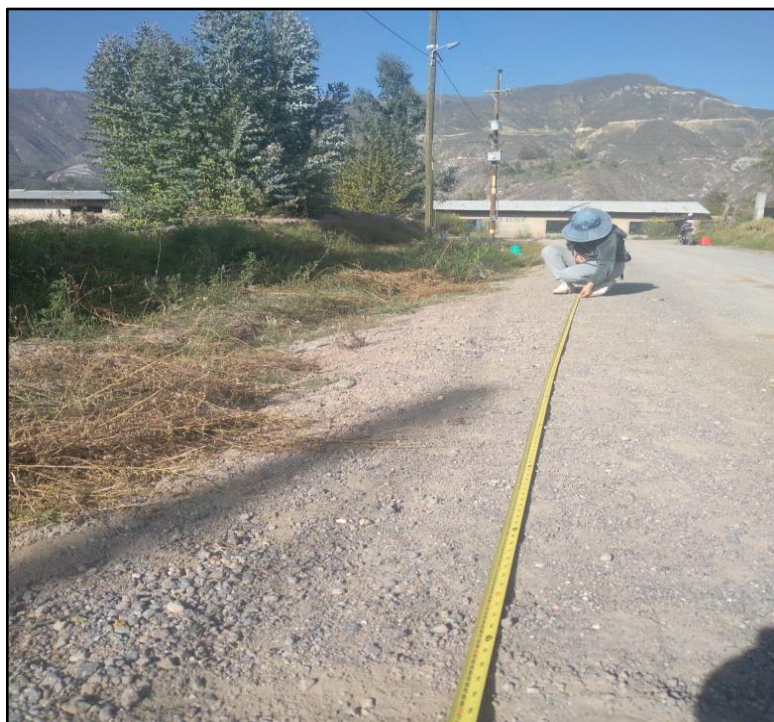
## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] R. Moya y W. Álvarez. “*Modelación Hidráulica de un Canal Urbano en la Ciudad de Bogotá, caso de Estudio: Canal Rio Negro*”. Tesis para optar el título profesional. Universidad Católica de Colombia. Bogotá, 2018.
- [2] J. Tovar, M. Fierro y V. Achury. “*Análisis del estado actual de los canales pertenecientes a la zona e en la asociación de usuarios del Distrito de Adecuación de Tierras de mediana escala el juncal ASOJUNCAL*”. Tesis para optar el título profesional. Universidad Cooperativa de Colombia, 2019.
- [3] F. Espinoza. “*Diseño de un canal de sección rectangular de 500m de longitud de máxima eficiencia hidráulica para un proyecto de irrigación*”. Tesis para optar el título profesional. Universidad Técnica de Machala. Machala, 2016.
- [4] J. Torres y J. Vivas. “*Modelación de una estructura hidráulica de confluencia de canales urbanos. (Caso Estudio: Río Arzobispo, Bogotá D.C.)*”, Tesis para optar título profesional. Universidad Católica de Colombia. Bogotá, 2018.
- [5] J. Espir y J. Morales. “*Evaluación de Fenómenos Hidráulicos en el Canal Chaquín del Sistema de Riego del Valle de Virú Primer Tramo*”. Tesis para optar el título profesional. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, 2015.
- [6] O. Chiclote. “*Evaluación de la eficiencia de conducción del canal de riego el progreso Mayanal – Jaén – Cajamarca, tramo: km, 00+000 -01+000*”. Tesis para optar el título profesional. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, 2017.
- [7] J. Asalde. “*Diseño del canal de riego con máxima eficiencia hidráulica mediante el software HEC-RAS, del tramo km 0+000 al km 3+085, en el distrito de Salas, región Lambayeque*”. Tesis para optar título profesional. Universidad de San Martín de Porres. Lima, 2020.
- [8] P. Cueto. “*Evaluación y mejoramiento de la estructura hidráulica en el canal de concreto Carlos Leight del km. 22+220 al km. 22+720, del centro poblado Tangay Alto, distrito de Nuevo Chimbote, provincia del Santa, Región Ancash y su incidencia en la condición hídrica – 2020*”. Tesis para optar título profesional. Universidad Católica Los Ángeles Chimbote. Chimbote, 2020.
- [9] D. Sinche. “*Comportamiento hidráulico de flujos en canales abiertos para ubicar fallas – canal de san lorenzo – Jauja 2017*”. Tesis para optar título profesional. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, 2018.
- [10] C. Bernal. (2010). "Metodología de la investigación": administración, economía, humanidades y ciencias sociales. 3ra. Ed. Universidad de La Sabana, Colombia.  
<https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>

- [11] ANA. “*Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico*”. Autoridad Nacional del Agua. 2010  
<http://www.ana.gob.pe/normatividad/criterios-de-diseno-de-obras-hidraulicas-para-la-formulacion-de-proyectos-0>
- [12] ANA. *Estudio definitivo del proyecto de irrigación de pausa, Parinacochas – Ayacucho*. Autoridad Nacional del Agua. 1972  
<https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/4210>
- [13] MINAGRI. 2015. *Manual No.5 Medición de agua*. Ministerio de Agricultura. [En línea] 2015. <http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/manual-riego/manual5.pdf>.
- [14] V.T. Chow. “*Hidráulica de Canales Abiertos*”. Ed. McGraw Hill Interamericana S.A. Bogotá, Colombia 2004. Disponible en:  
[https://www.academia.edu/43519012/Ven\\_Te\\_Chow\\_HIDRAULICA\\_DE\\_CANALES\\_ABIERTOS](https://www.academia.edu/43519012/Ven_Te_Chow_HIDRAULICA_DE_CANALES_ABIERTOS)
- [15] SerchJiménez. *Hidráulica Fácil. ¿Qué régimen tengo en un canal o río: ¿Subcrítico, Crítico o Supercrítico?* Octubre 19, 2015.  
<https://www.hidraulicafacil.com/2015/10/que-regimen-tengo-en-un-canal-o-rio.html>
- [16] HEC-RAS. *Hydrologic Engineering Center's - River Analysis System*. US Army Corps of Engineers.  
<https://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/>
- [17] IMEFEN. *Flujo Uniforme (2): Flujo en superficie libre*. Instituto para la Mitigación de los Efectos del Fenómeno el Niño. Universidad Nacional de Ingeniería.  
[http://www.imefen.uni.edu.pe/Temas\\_interes/FSL/07\\_Flujo\\_uniforme.pdf](http://www.imefen.uni.edu.pe/Temas_interes/FSL/07_Flujo_uniforme.pdf)

# **ANEXOS**

**Panel Fotográfico**



**Fig. 59.** *Midiendo el tramo para el aforo*



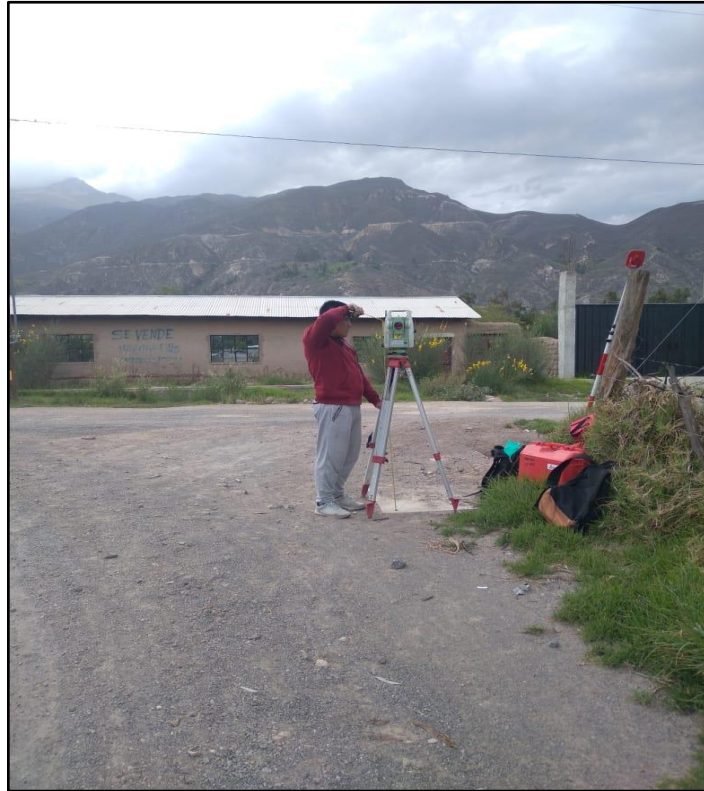
**Fig. 60.** *Medición de velocidad por el método del flotador*



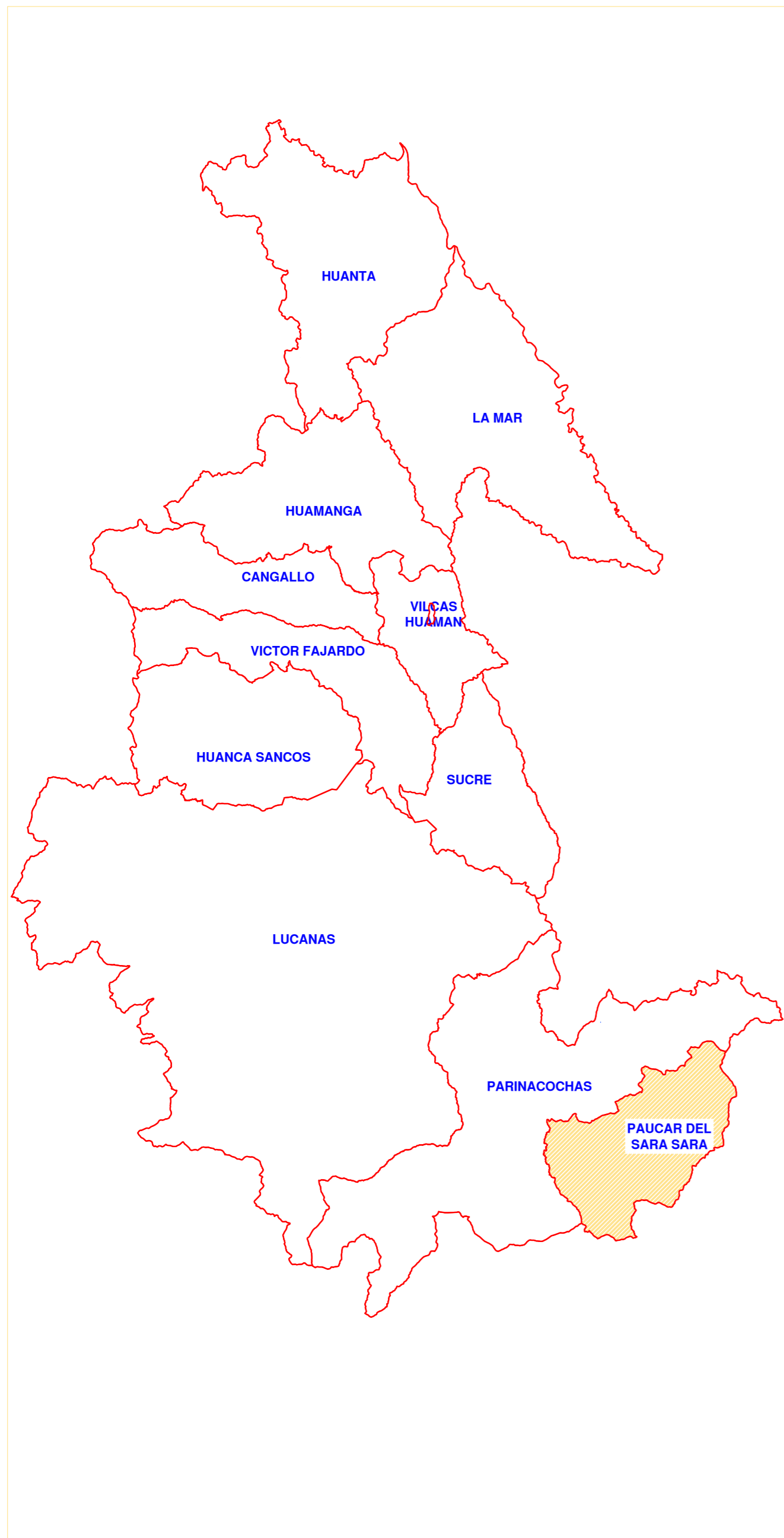
**Fig. 61.** *Midiendo tirantes del canal*



**Fig. 62.** *Levantamiento topográfico*



**Fig. 63.** *Levantamiento topográfico*



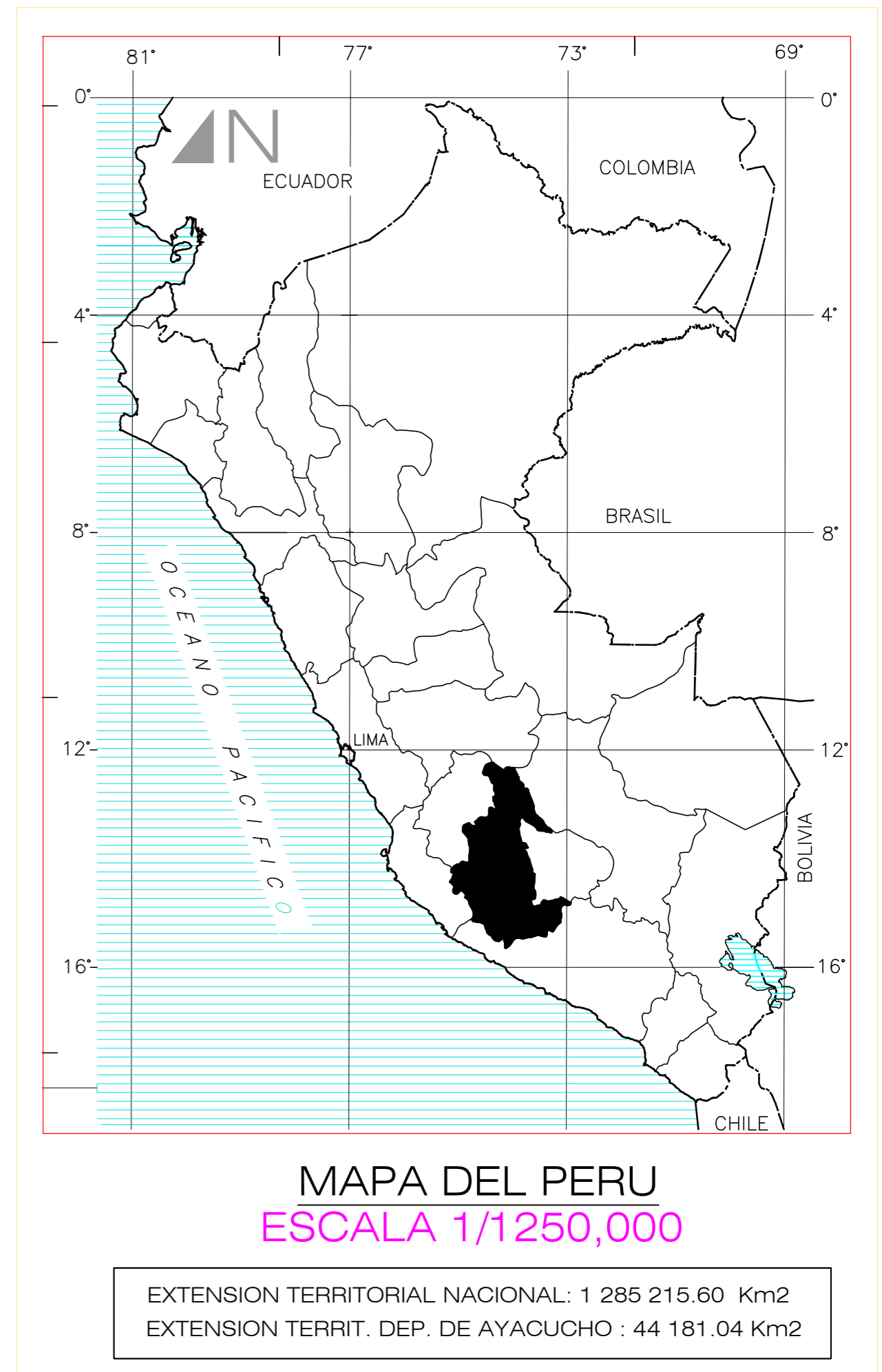
**UBICACION PROVINCIAL**

ESC: 1:5000



**LOCALIZACIÓN DISTRITAL**

ESC: 1:2500



**MAPA DEL PERU**  
ESCALA 1/1250,000

EXTENSION TERRITORIAL NACIONAL: 1 285 215.60 Km<sup>2</sup>  
EXTENSION TERRIT. DEP. DE AYACUCHO : 44 181.04 Km<sup>2</sup>

**UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



TESIS: EVALUACIÓN DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL CANAL DE IRRIGACIÓN PAUSA  
PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAMO URBANO SECTOR 2 - CCRASPAMPA,  
DISTRITO DE PAUSA, PROVINCIA PÁUCAR DEL SARA SARA, AYACUCHO-2022

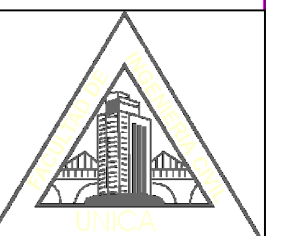
PLANO: UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN

TESISTA:  
BACH. ANAMPA AYQUIPA HENRY KEVIN

FECHA: MARZO 2023  
ESCALA: INDICADA

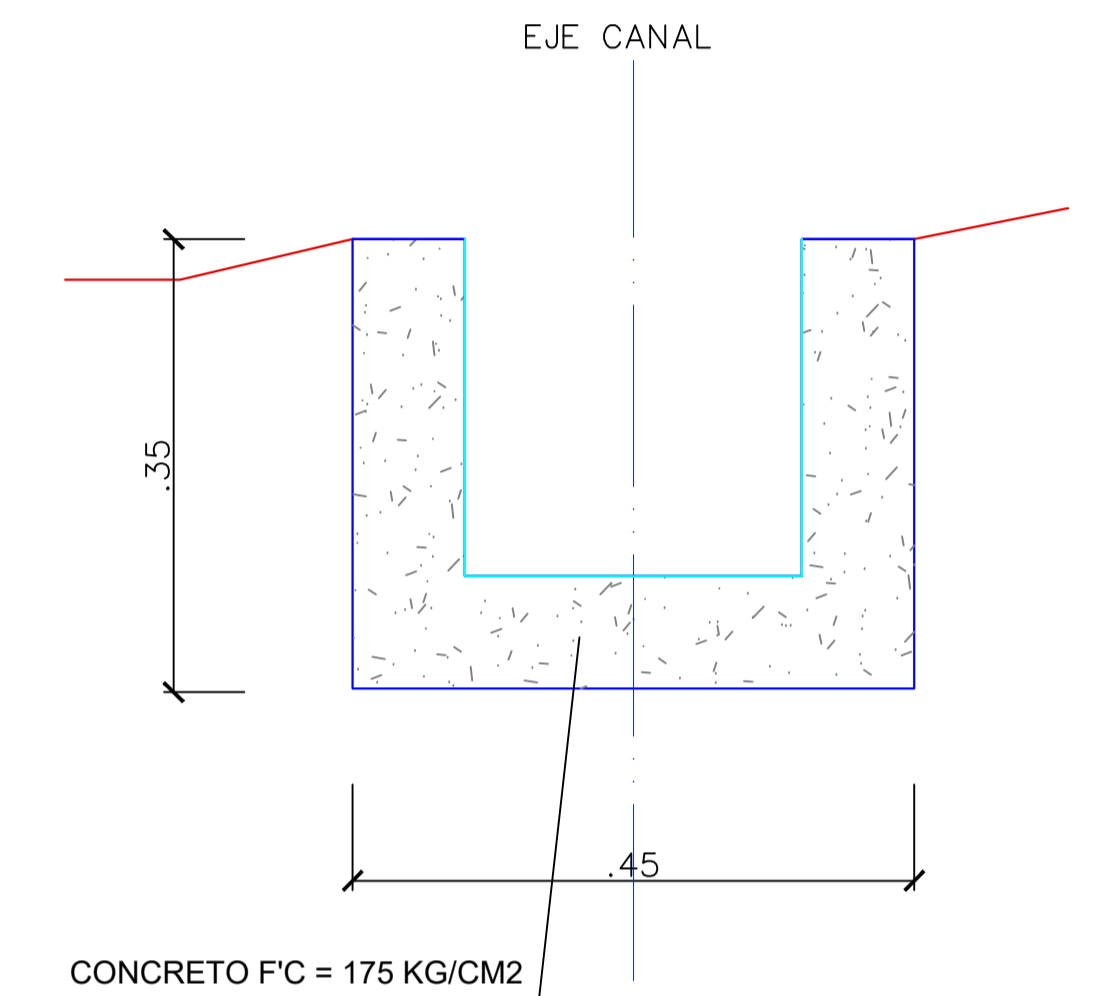
DPTO: AYACUCHO  
PROV: PAUCAR DEL SARA SARA

DIST: PAUSA  
BARRIO: CCRASPAMPA



LAMINA:  
**UL-01**





**DETALLE - SECCIÓN DEL CANAL PROPUESTO**

**UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



TESIS: EVALUACIÓN DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL CANAL DE IRRIGACIÓN PAUSA  
 PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAMO URBANO SECTOR 2 - CCARASPAMPA,  
 DISTRITO DE PAUSA, PROVINCIA PÁUCAR DEL SARA SARA, AYACUCHO-2022



PLANO: SECCIONES TRANSVERSALES

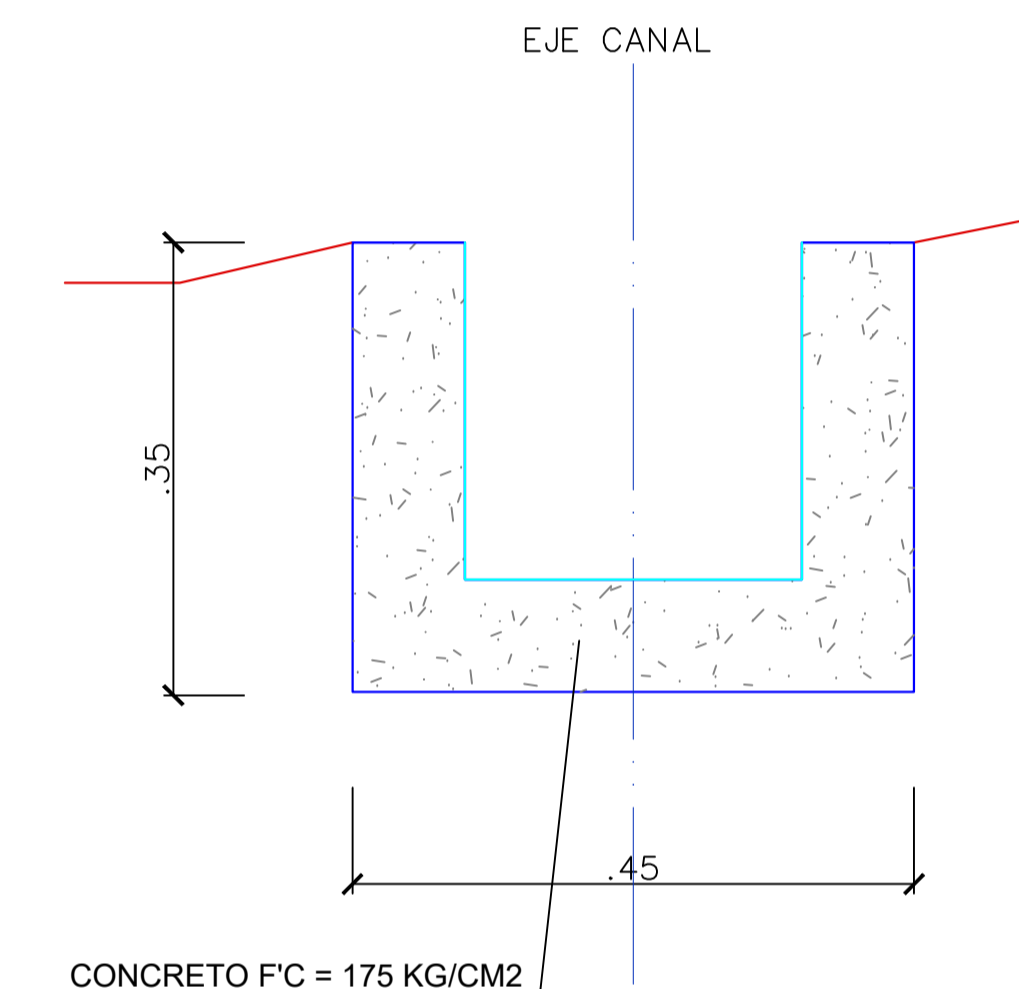
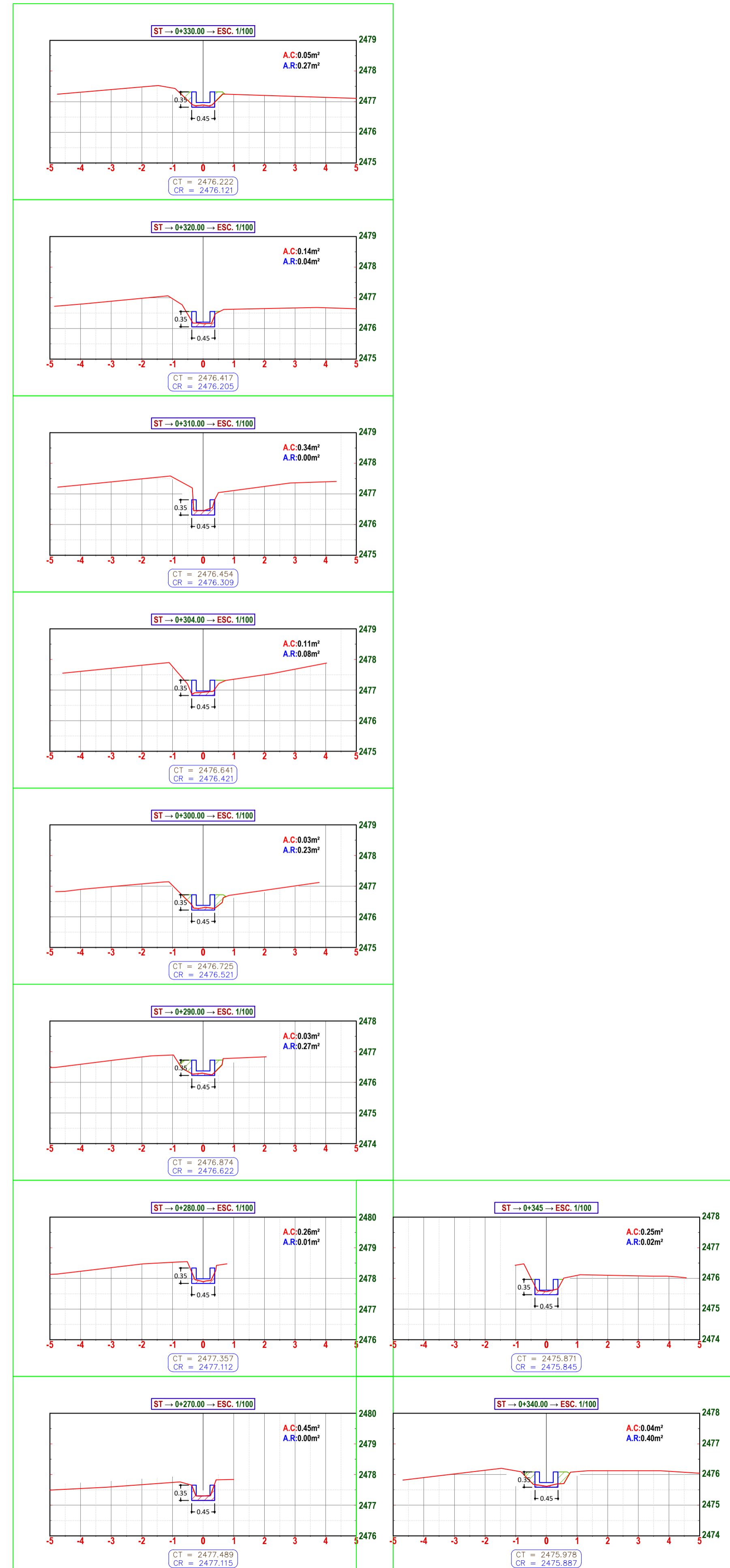
TESISTA:  
 BACH. ANAMPA AYQUIPA HENRY KEVIN

FECHA: MARZO 2023  
 ESCALA: INDICADA

DPTO: AYACUCHO  
 PROV: PAUCAR DEL SARA SARA

DIST: PAUSA  
 BARRIO: CCARASPAMPA

LAMINA:  
**ST-01**



**DETALLE - SECCIÓN DEL CANAL PROPUESTO**

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b>			
	TESIS: EVALUACIÓN DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL CANAL DE IRRIGACIÓN PAUSA PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAMO URBANO SECTOR 2 - CCARASPAMPA, DISTRITO DE PAUSA, PROVINCIA PÁUCAR DEL SARA SARA, AYACUCHO-2022		
	PLANO: SECCIONES TRANSVERSALES		
TESISISTA: BACH. ANAMPA AYQUIPA HENRY KEVIN	FECHA: MARZO 2023 ESCALA: INDICADA	DPTO: AYACUCHO PROV: PAUCAR DEL SARA SARA	DIST: PAUSA BARRIO: CCARASPAMPA
			LAMINA: <b>ST-02</b>