



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Propuesta técnica de solución para la eficiencia hidráulica del canal de irrigación Casa Blanca, distrito de Santiago, Ica – 2021

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE :

INGENIERA CIVIL

AUTORA:

Curi Caballa, Wendy Zenaida (ORCID: 0000-0001-9659-2765)

ASESOR:

Mg. Olarte Pinares, Jorge Richard (ORCID: 0000-0001-5699-1323)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

Lima - Perú

2021

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar hasta aquí.

A mi madre que siempre se esforzó por apoyarme a seguir luchando por mis sueños con dedicación y esfuerzo, de igual manera mis familiares que, con su amor y cariño estuvieron presente en cada etapa trazada.

Curi Caballa, Wendy Z.

AGRADECIMIENTO

A mi madre por saberme orientar en este camino largo para nunca desistir en mis metas.

A mi tío Edgar y Gilber por creer en mí, y apoyarme en mi formación académica.

A mi familia en general por el granito de arena de apoyo brindado.

Curi Caballa, Wendy Z.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	7
III. METODOLOGÍA	21
3.1. Tipo y diseño de investigación	21
3.2. Variables y Operacionalización	21
3.3. Población, muestra y muestreo.....	22
3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	24
3.5. Procedimientos:.....	25
3.6. Métodos de análisis de datos	26
3.7. Aspectos éticos	26
IV. RESULTADOS.....	27
V. DISCUSIÓN.....	71
VI. CONCLUSIONES	78

VII. RECOMENDACIONES..... 79

REFERENCIAS..... 80

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Determinación de factor de corrección F_c	14
Tabla 2.	Valores de rugosidad “n” de Manning	16
Tabla 3.	Borde libre en función del caudal	17
Tabla 4.	Coeficientes de contracción y expansión	17
Tabla 5.	Operacionalización de variables.....	22
Tabla 6.	Resumen de las Técnicas e Instrumentos a Implementar.....	25
Tabla 7.	Coordenadas de los BM para el control topográfico.....	27
Tabla 8.	Velocidad promedio tramo 1.....	29
Tabla 9.	Velocidad promedio tramo 2.....	30
Tabla 10.	Velocidad promedio tramo 3.....	30
Tabla 11.	Tabla de resultados del canal de tierra en Hec-Ras.....	50
Tabla 12.	Velocidades máximas permisibles en canales	51
Tabla 13.	Máximas Velocidades medias según Fortier y Scobey	51
Tabla 14.	Tabla de resultados del canal rectangular de concreto en Hec-Ras.	70

ÍNDICE DE FIGURAS

figura 1.	Flujo en conductos	12
figura 2.	Sección transversal de un canal.....	13
figura 3.	Valores de rugosidad “n” de Manning para canales revestidos.....	16
figura 4.	Secciones de máxima eficiencia hidráulica	18
figura 5.	Modelo numérico Hec-Ras Mapper	19
figura 6.	Ubicación del distrito de Santiago, provincia y departamento de Ica	23
figura 7.	La muestra es el tramo urbano del Canal Casablanca.....	24
figura 8.	Forma de obtener la sección transversal promedio.....	27
figura 9.	Obtención de las medidas de la sección transversal promedio.....	28
figura 10.	Obtención de la velocidad media – Método del flotador.....	28
figura 11.	Obtención de tirantes en el canal.	29
figura 12.	Obtención de datos geométricos de la sección transversal:.....	31
figura 13.	Se aprecia flujo subcrítico, no turbulento	32
figura 14.	Pantalla de inicio del Hec-Ras 4.1.0.....	33
figura 15.	Esquema general del canal.....	34
figura 16.	Ingresando la geometría de las secciones transversales.....	34
figura 17.	Ingreso de datos para flujo permanente.....	35
figura 18.	Ingreso de datos para flujo permanente. $Q= 1.47\text{m}^3/\text{seg}$	35
figura 19.	Ingreso de condiciones de borde de flujo permanente.....	36
figura 20.	Análisis de flujo permanente en terreno natural	36

figura 21.	Análisis de flujo permanente sin errores	37
figura 22.	Perfil de flujo en el canal de tierra	37
figura 23.	Vista del canal de tierra en perspectiva 3D	38
figura 24.	Sección transversal progresiva 0+000	38
figura 25.	Sección transversal progresiva 0+025	39
figura 26.	Sección transversal progresiva 0+050	39
figura 27.	Sección transversal progresiva 0+075	39
figura 28.	Sección transversal progresiva 0+100	40
figura 29.	Sección transversal progresiva 0+125	40
figura 30.	Sección transversal progresiva 0+150	40
figura 31.	Sección transversal progresiva 0+175	41
figura 32.	Sección transversal progresiva 0+200	41
figura 33.	Sección transversal progresiva 0+225	41
figura 34.	Sección transversal progresiva 0+250	42
figura 35.	Sección transversal progresiva 0+275	42
figura 36.	Sección transversal progresiva 0+300	42
figura 37.	Sección transversal progresiva 0+325	43
figura 38.	Sección transversal progresiva 0+350	43
figura 39.	Sección transversal progresiva 0+375	43
figura 40.	Sección transversal progresiva 0+400	44
figura 41.	Sección transversal progresiva 0+425	44

figura 42.	Sección transversal progresiva 0+450	44
figura 43.	Sección transversal progresiva 0+475	45
figura 44.	Sección transversal progresiva 0+500	45
figura 45.	Sección transversal progresiva 0+525	45
figura 46.	Sección transversal progresiva 0+550	46
figura 47.	Sección transversal progresiva 0+575	46
figura 48.	Sección transversal progresiva 0+600	46
figura 49.	Sección transversal progresiva 0+625	47
figura 50.	Sección transversal progresiva 0+650	47
figura 51.	Sección transversal progresiva 0+675	47
figura 52.	Sección transversal progresiva 0+698.39	48
figura 53.	Zona de desbordes progresiva 0+175.....	48
figura 54.	Se aprecia abundante vegetación, acumulación de desperdicios y humedecimiento del suelo adyacente.	49
figura 55.	Características hidráulicas de máxima eficiencia. Sección rectangular 53	
figura 56.	Sección rectangular de máxima eficiencia hidráulica	54
figura 57.	Sección rectangular propuesta.....	55
figura 58.	Creando el nuevo proyecto con la propuesta de canal rectangular... 55	
figura 59.	Ingreso de coordenadas de la sección rectangular de inicio	56
figura 60.	Ingreso de coordenadas de la sección rectangular final	56
figura 61.	Interpolación de secciones.....	56

figura 62.	Esquema con interpolación de secciones	57
figura 63.	Ingreso de condiciones de flujo	57
figura 64.	Ingreso de condiciones de borde	57
figura 65.	Eligiendo plan de simulación en régimen mixto.....	58
figura 66.	Simulación completada	58
figura 67.	Sección transversal 0+000	58
figura 68.	Sección transversal 0+025 (interpolada)	59
figura 69.	Sección transversal 0+050 (interpolada)	59
figura 70.	Sección transversal 0+75 (interpolada)	59
figura 71.	Sección transversal 0+100 (interpolada)	60
figura 72.	Sección transversal 0+125 (interpolada)	60
figura 73.	Sección transversal 0+150 (interpolada)	60
figura 74.	Sección transversal 0+175 (interpolada)	61
figura 75.	Sección transversal 0+200 (interpolada)	61
figura 76.	Sección transversal 0+225 (interpolada)	61
figura 77.	Sección transversal 0+250 (interpolada)	62
figura 78.	Sección transversal 0+275 (interpolada)	62
figura 79.	Sección transversal 0+300 (interpolada)	62
figura 80.	Sección transversal 0+325 (interpolada)	63
figura 81.	Sección transversal 0+350 (interpolada)	63
figura 82.	Sección transversal 0+375 (interpolada)	63

figura 83.	Sección transversal 0+400 (interpolada)	64
figura 84.	Sección transversal 0+425 (interpolada)	64
figura 85.	Sección transversal 0+450 (interpolada)	64
figura 86.	Sección transversal 0+475 (interpolada)	65
figura 87.	Sección transversal 0+500 (interpolada)	65
figura 88.	Sección transversal 0+525 (interpolada)	65
figura 89.	Sección transversal 0+550 (interpolada)	66
figura 90.	Sección transversal 0+575 (interpolada)	66
figura 91.	Sección transversal 0+600 (interpolada)	66
figura 92.	Sección transversal 0+625 (interpolada)	67
figura 93.	Sección transversal 0+650 (interpolada)	67
figura 94.	Sección transversal 0+675 (interpolada)	67
figura 95.	Sección transversal 0+698.39	68
figura 96.	Perfil del canal con sección rectangular	68
figura 97.	Perfil del canal con sección rectangular	69
figura 98.	Tabla de salida de datos de la modelación con canal rectangular	69
figura 99.	Zona de desborde	72
figura 100.	Flujo laminar, no turbulento.	74

RESUMEN

El objetivo de la investigación es mejorar la eficiencia hidráulica del tramo urbano del Canal Casablanca, con una investigación del tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, de nivel descriptivo y diseño no experimental. La población es el canal de irrigación Casablanca y la muestra los 698.39 m del tramo urbano. Se usó la observación de campo no experimental y recopilación de información temática, empleando instrumentos topográficos para obtener características geométricas del canal con mediciones y observaciones para obtener parámetros de flujo. Se usó el software HEC-RAS 4.1.0 para modelar el flujo y analizar la eficiencia actual.

El canal solo conduce 1.47 m³/seg (29.4%) del total previsto (5.00 m³/seg) siendo hidráulicamente ineficiente; acusando desbordes, sedimentación y bajas velocidades. Se evaluó una sección rectangular de concreto, de máxima eficiencia hidráulica, con pendiente original $S=0.00043$ m/m, modelándose para 5.00 m³/seg, obteniéndose un régimen de flujo subcrítico, velocidad constante de 1.19 m/seg; tirante uniforme de 1.40 m, con ancho de solera de 3.00 m. Finalmente se concluye que la propuesta ocupa menos espacio que la sección original y tiene un mejor funcionamiento hidráulico al haber diseñado con criterios de máxima eficiencia hidráulica, cumpliendo con la hipótesis general.

Palabras Clave: Evaluación hidráulica, Modelación, Eficiencia hidráulica.

ABSTRACT

The objective of the research is to improve the hydraulic efficiency of the urban section of the Casablanca Canal, with an applied research, with a quantitative approach, a descriptive level and a non-experimental design. The population is the Casablanca irrigation canal and is shown by the 698.39 m of the urban section. Non-experimental field observation and compilation of thematic information were used, using topographic instruments to obtain geometric characteristics of the channel with measurements and observations to obtain flow parameters. HEC-RAS 4.1.0 software was used to model flow and analyze current efficiency.

The canal only conducts 1.47 m³ / sec (29.4%) of the planned total (5.00 m³ / sec), being hydraulically inefficient; accusing overflows, sedimentation and low speeds. A rectangular section of concrete, with maximum hydraulic efficiency, with original slope $S = 0.00043$ m / m, was evaluated, modeling for 5.00 m³ / sec, obtaining a subcritical flow regime, constant speed of 1.19 m / sec; 1.40 m uniform tie, with a 3.00 m sill width. Finally, it is concluded that the proposal takes up less space than the original section and has better hydraulic performance as it has been designed with maximum hydraulic efficiency criteria, complying with the general hypothesis.

Keywords: Hydraulic evaluation, Modeling, Hydraulic efficiency.

I. INTRODUCCIÓN

Según el Banco Mundial (bancomundial.org, 2021): [...] en la agricultura se ocupa el 70 % del agua que se extrae en el mundo, y las actividades agrícolas representan una proporción aún mayor del "uso consuntivo del agua" debido a la evapotranspiración de los cultivos. [...] La agricultura de regadío representa el 20 % del total de la superficie cultivada y aporta el 40 % de la producción total de alimentos en todo el mundo.

[...] Debido al aumento de la población, la urbanización, la industrialización y el cambio climático, se precisa que una mejora de la eficiencia en el uso del agua vaya acompañada de una reasignación del agua en las regiones con estrés hídrico que oscile entre un 25 % y un 40 %. (Marco Vinelli, La brecha de infraestructura de riego en el sector agropecuario, 2021, párr.3,4)

Marco Vinelli (esan.edu.pe, 2021): [...] según el Plan Nacional de Recursos Hídricos, la eficiencia del agua de riego es apenas del 35 %, es decir, existe un alto desperdicio de agua, debido, entre varias razones, a su deficiente aplicación a los predios y el mal estado de conservación de las redes de conducción y distribución. Más aún, solo el 12 % de los cultivos se riegan bajo sistemas de riego, mientras que el resto usa el riego por gravedad. La estimación de la baja eficiencia se fundamentaría en la situación de la infraestructura de riego en el país, que ha sido definida en 55 237 kilómetros de canales evaluados, de los cuales solo el 15 % estaban revestidos. La modernización de los sistemas de riego requiere alcanzar la sostenibilidad financiera para el adecuado mantenimiento y la buena gestión de la infraestructura existente, según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (Midagri). (ANA, ANA gestiona innovación y mejora de infraestructura de riego en Ica, 2018, párr.1,4,5)

ANA (ana.gob.pe, 2018): El Ministerio de Agricultura y Riego, a través de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), plantea innovar y mejorar la infraestructura hidráulica para potenciar la agricultura en la región Ica, articulando acciones con el Programa Subsectorial de Irrigaciones-PSI, los gobiernos locales, y elaborando fichas técnicas y delimitación de fajas marginales. [...] la delimitación de las fajas marginales previene que las zonas urbanas no estén expuestas al peligro constante

ante eventos extremos. La identificación de los puntos críticos, agilizará la ejecución de obras por parte de la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios. [...] la ANA no solo gestiona la oferta y demanda de agua, sino también el balance hídrico y en la eficiencia del uso de este vital recurso.

Desde que el caserío de Casablanca se formó alrededor del canal que lleva el mismo nombre, la zona urbana ha ido en franco crecimiento. El canal se construyó para alimentar al sistema de irrigación de la zona y en la medida que el caserío fue creciendo hasta llegar a nivel de centro poblado. Por lo tanto, el canal se ha dividido en tramo rural y tramo urbano, debido a la construcción y concentración de viviendas a su alrededor.

El problema se presenta precisamente porque el canal que lleva agua a las parcelas del Sector Agrícola Casablanca, viene causando una reducción en el caudal de entrega a las parcelas, como lo han manifestado los propios agricultores. Siendo la capacidad de conducción del canal de 5m³, se ha detectado pérdidas entre 30% a 60%, que afectan a la producción agrícola programada para ese caudal. Las diversas causas que generan esta reducción es lo que se requiere conocer, las cuales son motivo de investigación para poder enfrentar al problema.

Según Espinoza et al. (revistahypatia.org, 2011): El problema actual con la reducción del agua disponible es obvio. El cambio climático global, junto con el crecimiento de la población, hace que un mejor uso del agua en todas las actividades diarias sea cada vez más urgente. El ahorro de agua es el tema central de la vida, por lo que se ha buscado mejorar el diseño de los sistemas de suministro, medición y control de agua. En el Laboratorio Enzo Levi del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), la aplicación de tecnología experimental tiene como objetivo optimizar la operación de equipos de medición de fluidos, así como el manejo del agua en canales de riego y presas de distribución para proyectos que superen los estándares de riego y agua. Para ello, el laboratorio cuenta con infraestructura, equipamiento y profesionales.

En el tramo se ha podido apreciar que existen diversos problemas asociados al funcionamiento del canal, como por ejemplo que existen desbordes, pendientes diversas, reducción de sección, colmatación, acumulación de desperdicios,

vegetación, etc. que en conjunto aportan a la reducción del caudal. Situaciones que a simple vista se identifican como causas, pero es necesario verificar todas las características hidráulicas del tramo, especialmente la pendiente, la velocidad y el proceso de sedimentación.

En consecuencia, la problemática se centra en una inadecuada infraestructura de riego, donde se identifican las filtraciones y pérdidas del flujo, que generan la ineficiencia del transporte del agua y que indirectamente desmejora el entorno urbano de la zona en estudio, en resumen, la ineficiencia hidráulica del canal. Ante esta situación, los aspectos críticos mencionados anteriormente se resumen en lo siguiente:

- a. Ineficiente control de caudales en el interior de la zona urbana.
- b. Sedimentos, que colmatan y obstruyen varios puntos del tramo.
- c. Insuficiente mantenimiento del tramo urbano.
- d. Acumulación de residuos domésticos y contaminantes en el curso del agua.

En consecuencia, a lo descrito, el tramo urbano del canal en estudio no atiende la demanda de riego requerida, debido que presenta variación en sus secciones y no existe mantenimiento en este sector crítico ubicado entre las progresivas 0+000 a 0+698.39. por lo que se plantea el **problema general**:

¿Cómo se puede optimizar la eficiencia hidráulica del canal para conducir el caudal requerido?

En cuanto a los **problemas específicos** que el problema general conlleva, se plantea:

La caída y acumulación de desperdicios, crecimiento de vegetación, sedimentación, inestabilidad y deformación del talud genera variaciones en la pendiente, reduce su capacidad de conducción generando pérdidas por desbordes y causando aniegos en algunos sectores de la población por donde circula el canal.

1. ¿Qué características geométricas y parámetros hidráulicos tiene el canal existente que no garantizan el funcionamiento óptimo del tramo urbano del canal?

La alteración de los parámetros del canal ya sean físicos e hidráulicos, por diversos factores, influirían en su eficiencia hidráulica y sería necesario modelarlo para conocer el verdadero comportamiento del flujo y la eficiencia actual del canal.

2. ¿Mediante la modelación hidráulica del canal actual podrá conocerse el comportamiento real del flujo?

En el canal existen zonas donde las secciones se han deformado y hay tramos de estrangulamiento que propician desbordes y reblandecimiento del suelo adyacente al tramo urbano.

3. ¿Qué modificaciones se podrían evaluar para mejorar el comportamiento del flujo en el tramo urbano del canal?

Debido a la problemática planteada, se plantea una investigación del tipo Aplicada. Según Salinas (Saber.ula.ve, 2010, pág. 17): [...] La definición clásica de la investigación aplicada es “La investigación que resuelve un problema de inmediato”. Se basa sobre los descubrimientos, hallazgos y soluciones de la investigación orientada. Se le llama aplicada porque sus resultados se pueden aplicar para la solución directa e inmediata de los problemas que les atañe. Tiene objetivos utilitarios. Ejemplos de este tipo de investigaciones son las usadas en ciencias tales como la agronomía, la medicina, la ingeniería, mineralogía, galénica, arquitectura, veterinaria, etc. Así, esta investigación tiene como objetivo la aplicación de conocimientos o teorías cuyo aporte es dar respuesta a un problema o necesidad concreta.

Por lo tanto, se **justifica** el proyecto de manera teórica dado que la evaluación y diseño del canal de irrigación facultará a los investigadores aplicar conocimientos basados la rama de estudio “Diseño de obras Hidráulicas y saneamiento”, dado a que los conceptos que se toman en cuenta para la elaboración del proyecto se desarrollan durante el periodo de pregrado.

De otro modo se justifica de manera **práctica**, dado que el sistema de irrigación es prioridad en las poblaciones del área rural y en el ámbito urbano beneficia a la seguridad y el entorno urbano.

Según Bernal (Metodología de la Investigación, 2010), “Se considera que una investigación tiene justificación práctica cuando su desarrollo ayuda a resolver un problema o, por lo menos, propone estrategias que al aplicarse contribuirían a resolverlo”.

El proyecto se justifica de manera social, porque se pretende contribuir en el progreso de los moradores del centro poblado mediante la evaluación del tramo del canal existente y de una propuesta de diseño hidráulico, logrando así un beneficio social hacia la población.

Metodológicamente se justifica porque del estudio se propone una estrategia sencilla para generar conocimiento válido y confiable.

Como **objetivo general** se plantea: Proponer una solución técnica y garantizar la demanda de caudal requerido por los usuarios del canal.

Como **objetivos específicos** se plantea:

1. Determinar las características geométricas y parámetros hidráulicos de diseño actuales que no garantizan el funcionamiento óptimo del tramo urbano del canal de irrigación.
2. Realizar la modelación hidráulica del canal actual usando el software Hec-Ras, para conocer el comportamiento real del flujo.
3. Evaluar una sección de máxima eficiencia hidráulica para mejorar la situación actual del tramo urbano del canal.

Se plantea como **hipótesis general** que, a partir del estudio de una:

Propuesta técnica de solución se puede optimizar la eficiencia hidráulica del canal de irrigación Casa Blanca.

Que conduzca el flujo requerido para atender la demanda agrícola del sector. Luego como **hipótesis específicas** se plantea:

1. Las características geométricas y parámetros hidráulicos del canal no garantizan el funcionamiento óptimo del tramo urbano.

2. La modelación hidráulica del canal actual con el software Hec-Ras permite conocer el comportamiento real del flujo
3. La evaluación de una sección de máxima eficiencia hidráulica propuesta, mejora el comportamiento del flujo en el tramo urbano del canal.

II. MARCO TEÓRICO

En el proceso de recopilación de información a nivel **internacional** tenemos los siguientes trabajos:

Baltodano y Morales (Diseño Hidráulico de un canal de 1km de longitud que comprende parte de la zona 2, 5, 6 y 11 del municipio de Ciudad Sandino, 2015) mencionan: Según los resultados obtenidos del levantamiento las irregularidades en el ancho y profundidad de las secciones naturales son demasiadas extremas pues en el ancho de 17.18m hasta 30.95 hay una diferencia de 13.77m y en la profundidad hay una diferencia de 5.13m, por estas características se puede decir que el cauce ha sido socavado y hay peligro para la comunidad aledaña al cauce e incluso en las intersecciones del cauce con puentes tanto peatonal como vehicular.

Dávalos y Yépez (Evaluación y mejoramiento del canal principal del Sistema de Riego Pisque de la comunidad Guachala, parroquia Cangahua, 2017), mencionan: Durante los recorridos e inspecciones del proyecto se determinó que en algunos sectores existen problemas técnicos en la infraestructura del canal, los cuales afectan directamente a la conducción del líquido vital, razón por la cual se procedió a establecer alternativas y soluciones ingenieriles orientadas a garantizar las condiciones de funcionabilidad del canal. Para tal efecto se estableció alternativas de diseño mismas que contribuyan en el correcto funcionamiento del canal [...]

Chan (Revisión de la capacidad y funcionamiento hidráulico de un canal mediante modelación numérica, 2015) resalta: Los datos registrados en campo y los resultados del modelo ponen de manifiesto la urgencia de hacer una revisión y rehabilitación exhaustiva de toda la infraestructura del Canal Principal Humaya (CPH), para posteriormente proseguir con las acciones de sobreelevación. [...] En general, se puede considerar que se presentan daños relevantes en esta obra. El CPH no se encuentra en las condiciones físicas más óptimas. Existe riesgo notable de presentarse mayores fallas, si no se toman medidas en tiempo y forma de mantenimiento, conservación y modernización de dicho canal.

Dormuz y Ubeda (Obras Marítimas, 2014) concluyen: La simulación del cauce revestido en el programa de Hec-Ras dio como resultado que en toda la extensión

del cauce, existe un punto crítico que genera una problemática en la población aledaña, esto debido a que cuando las lluvias rebalsan su capacidad del cauce, este se desborda en las estación 0+520, lo que genera como consecuencia inundaciones a las viviendas más vulnerables, las cuales por su situación económica no cuentan con una estructura en la construcción que permita a ver frente ante la situación. Se diseñó canal con sección rectangular ya que hay construcciones existentes habitacionales que estas por lógica no se pueden desalojar (ver anexo I). Donde resulta un tirante de 0.4228, para una altura total de 1m incluyendo el borde libre, un talud de 0, con un espejo de agua 2.50m, por el cual transitará un caudal de 4.62 m³/s igual al caudal de diseño modelado en el software Hcanales.

En el ámbito **nacional** hemos creído convenientes considerar los siguientes trabajos:

Aredo *et al.* (Mejoramiento y rehabilitación del canal de regadío Carabamba margen izquierda, Distrito de Carabamba, Provincia de Julcán, Departamento de La Libertad, 2016, pág. 1) manifiesta: El presente estudio tuvo la finalidad de rehabilitar el canal para mejorar la eficiencia con que se entrega caudal través de la dotación de agua en el distrito de Carabamba. No obstante, la construcción de dicho canal permitirá canalizar el agua del río Carabamba y conducir a las zonas de cultivo que requieren el recurso hídrico mejorando de este modo el riego y aumentando la frontera agrícola de todo el sector.

Córdova (Mejoramiento del sistema hidráulico de riego del caserío de Mossa-distrito Santa Catalina de Mossa-provincia de Morropón-Piura, 2015, pág. 17) afirma: El objetivo fundamental del presente estudio de investigación es determinar las condiciones reales de la infraestructura de riego en el caserío de Mossa del Distrito Santa Catalina de Mossa, con el fin de mejorar el sistema de riego a través de diseños hidráulicos y estructurales de las obras de arte, además de la recopilación y búsqueda de información existente en la zona de estudio, siendo necesario también la participación de los comités de usuarios en talleres técnicos, en cuanto a uso, manejo, eficiencia y distribución del recurso hídrico. Para ello se empleó una metodología del tipo cualitativo y cuantitativo aplicado, fundamentado en

mediciones directas de campo y utilizando el equipo apropiado, con la finalidad de reunir y examinar toda la información disponible para los fines de la presente tesis.

Costa (Diseño de la infraestructura del canal de riego Pampas de Jahuey-caserío Pampas de Jahuey-distrito de Acope-provincia Ascope-departamento La Libertad, 2018, pág. xv) menciona: El canal Pampa de Jahuey actualmente no tiene revestimiento y genera pérdidas de caudal que deriva en déficit e imposibilidad de brindar el servicio a los pobladores, generando pérdidas de cosechas o imposibilitando la siembra de todas las hectáreas. Es por ello que se pretendió determinar las características técnicas que debe tener el canal Pampas de Jahuey para suplir la demanda de la población.

Rojas (Diseño del canal de riego L-02 Pueblo Carpintero II Etapa, distrito de Pueblo Nuevo, Lambayeque, 2021, pág. viii) manifiesta: Este Proyecto de Investigación, se logró realizar en el distrito de Pueblo Nuevo, Provincia de Ferreñafe, Departamento de Lambayeque. Ya que Ferreñafe, es un pueblo que vive mayormente de la agricultura, uno de los principales problemas de esta provincia, es el abastecimiento de agua para cultivos y que no satisface en su mayoría de la cantidad necesaria que se requiere para el uso agrícola. Este problema limita a los agricultores de esta zona, para el adecuado mantenimiento de sus sembríos y limita a tener que usar sus terrenos para realizar solo un tipo de siembra por año. Este proyecto cuenta con 286.0 ha., de los cuales 204 propietarios de parcelas podrán beneficiarse y solventar sus hogares; teniendo como promedio 4 integrantes por hogar. La construcción del canal se proyectará en una longitud de 6.00 km. Los cuales podrá abastecer a todos los agricultores de la zona en estudio, y mejorará su calidad de vida.

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, 2020, pág. ix) resumen: Para lograr el objetivo se realizó una investigación aplicada, cuantitativa y descriptiva, y se inició con un análisis del flujo a través del cálculo del módulo de riego ubicado dentro del intervalo del proyecto y con el trazo de 3 pendientes a lo largo del eje longitudinal del canal; luego, se representó en cada tramo, la curva de energía, tirante normal, tirantes críticos,

resalto hidráulico, curvas de remanso y se conoció el tipo de perfil que podría existir en cada sección del canal; después, se realizó la comprobación del diseño utilizando el software HCANALES de acuerdo a los criterios del U.S. Bureau of Reclamation, y se desarrolló una modelación hidráulica utilizando el software HEC-RAS, la misma que concluyó que HEC-RAS determinó la influencia en el diseño del tramo del canal de riego en estudio con máxima eficiencia hidráulica, por lo que es apropiado para estudiar y visualizar el comportamiento del perfil del flujo.

Dávila (Diseño hidráulico del canal L-02 Chaname y L-03 Chaname Derecho, distrito Pueblo Nuevo, provincia Ferreñafe, Lambayeque-2018, 2020, pág. 44) concluye: El diagnóstico realizado para el presente proyecto, ha permitido establecer que el escenario en la actualidad en cuanto a operación de los canales Chaname y Chaname Derecho, no son las adecuadas ya que sus estructuras hidráulicas no se encuentran en óptimas condiciones. Además, la falta de revestimiento no permite aprovechar al máximo la dotación asignada del recurso hídrico. La merma del recurso hídrico causadas por filtraciones, hace que la eficiencia de aplicación del agua de riego sea muy baja, incidiendo en las bajas producción de los cultivos. Por lo que es de importancia el desarrollo del proyecto, el revestir y la construcción de las obras de arte que requiera, para con ello mejorar la eficiencia de conducción y aplicación.

Roldan (Evaluación de las pérdidas de conducción en el canal La Mora en el tramo de la progresiva (0+600-1+600)-Chimbote-Cascajal-2017, 2017, pág. 74) manifiesta: Los factores que inciden en las perdidas por conducción como podemos inferir son la evaporación y la infiltración, y los datos obtenidos de la evaporación son mínimos, los cuales son despreciables y de tal manera decimos que el factor más resaltante que ocasiona las perdidas por conducción es la infiltración teniendo como valor un 25.08% de agua, sin olvidar también las condiciones de los canales.

Del mismo modo como antecedentes **locales** tenemos los siguientes:

Llerena (Mejoramiento del sistema de riego canal Shumin-San Benito, distrito de Usquil-Otuzco, La Libertad, 2017, pág. vi) menciona: Contempla el diseño de un canal revestido en concreto así mismo de otras obras que conforman la totalidad de la infraestructura. Los criterios de diseño se encuentran apoyados en sus

respectivos cálculos matemáticos asegurando un adecuado desempeño hidráulico y estructural que garantice la buena operación y disponibilidad del recurso hídrico para los terrenos de cultivo. Para la elaboración del proyecto se emplearon programas básicos como son los de Microsoft Office 2013: Word, Excel y Project y programas de ingeniería, tales como: AutoCAD Civil 3D 2015, Hcanales V3.0, S10 Costos y Presupuestos, Arcmap 10.3.

Según Escate (Análisis, elaboración y propuesta de infraestructura de riego para mejorar la producción del sector agrícola principal-Paramarca., 2018). Se resalta: “Ejecutada la tesis, se logra mejorar la producción agrícola, debiéndose proponer la agroexportación”. “Se incrementa la productividad y sostenibilidad de los cultivos contribuyendo así a la mejor calidad de vida”. “Se mejora los canales de riego dentro de la misma infraestructura planteada”.

Para esta investigación tendremos en cuenta algunas teorías relacionadas que son de gran importancia y a la vez servirán de apoyo para interpretar la materia de estudio con mayor elocuencia.

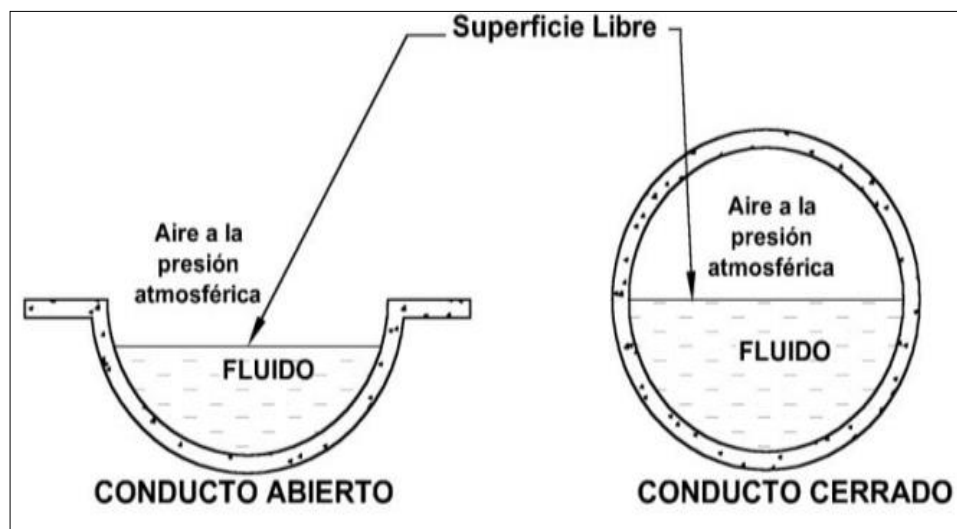
Según Bonet (Irrigation Canals-an overview, 2018). El canal de riego es un sistema hidráulico cuyo objetivo principal es transportar agua desde fuentes de agua (presas y ríos) a diferentes usuarios. Estos sistemas pueden ser muy grandes (decenas o cientos de kilómetros); se caracterizan por retrasos en el tiempo y dinámicas no lineales, fuertes perturbaciones desconocidas e interacciones entre subsistemas. El principal objetivo general es proporcionar agua a diferentes usuarios en la cantidad adecuada en el momento adecuado, minimizando las pérdidas y garantizando la seguridad de la infraestructura. En particular, un problema importante es evitar que el canal se desborde y evitar que el nivel del agua en la piscina caiga por debajo de la profundidad de suministro de la toma de agua por gravedad.

Según Sotelo (Hidráulica de Canales, 2002): Un canal es una estructura diseñada con la finalidad de conducir el agua desde la bocatoma hasta los campos de cultivos, estas obras deben ser diseñadas con el mayor cuidado a fin de garantizar la eficiencia en el riego. El flujo producido en un canal se da por acción de la gravedad, donde no existe la interacción de la presión atmosférica, en lo general el

fluido para este tipo de estructuras es el agua. La superficie libre está conformada por la intercara entre el aire y el agua. De acuerdo al origen, estos canales pueden ser naturales y artificiales.

Según Arbulú (Estructuras Hidráulicas, 2010), sobre el coeficiente de rugosidad: El valor de "n" depende del tipo de material de las paredes del canal y de la convención del mismo, esto porque con el tiempo la serosidad de las paredes producidas por la erosión del agua aumenta el valor de "n". El crecimiento de yerbas en el canal disminuye la capacidad de conducción del canal llegando estos valores a un 40%.

figura 1. Flujo en conductos



Fuente: (Rodriguez, 2008)

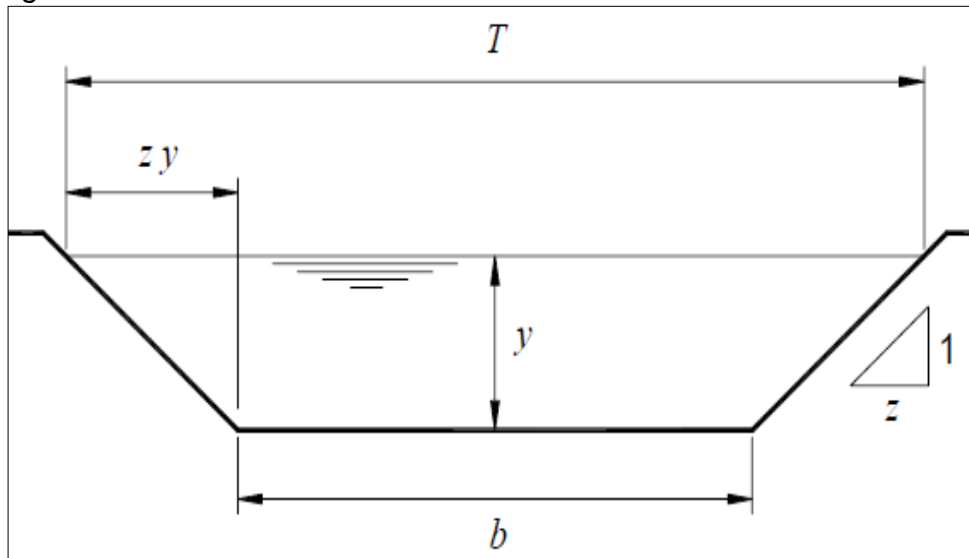
La ANA tiene el propósito de calcular con exactitud la porción (volumen) promedio de agua usada por todas las Juntas. Dichos datos les van a permitir rastrear y decidir la porción ideal de agua para dedicar a cada Junta y los usuarios agrícolas en dicha zona.

Según Lino (solinst.com, 2016). Se monitorea el flujo y se calcula el volumen utilizando canales en los canales de riego. Los canales son estructuras hidráulicas de forma fija que crean una relación entre la velocidad del agua y el nivel en el canal. Generalmente, el flujo se mide calculando la velocidad del agua a través del área del canal. Como los canales tienen un ancho establecido, se requiere la altura del agua (cabeza) para calcular el área y, por lo tanto, el flujo.

Teorías relacionadas al tema de investigación:

los elementos geométricos: son muy importantes para el desarrollo de los estudios hidráulicos.

figura 2. Sección transversal de un canal.



Fuente: (Rocha, A., 2007)

Según Villón (Hidráulica de Canales, 2004), donde:

y = tirante de agua.

b = ancho de solera, es el ancho de la base del canal.

T = espejo de agua, ancho de la superficie libre del agua.

H = profundidad total del canal.

$H - y$ = borde libre.

θ = ángulo de inclinación de las paredes laterales respecto a la horizontal.

z = talud, relación de la proyección horizontal a la vertical de la pared lateral.

“Para medir los Aforos o mediciones de caudales en canales, se utiliza generalmente el Método del flotador. Se debe estimar la velocidad del agua y el área del canal. El Cálculo del caudal estimado se calcula mediante la siguiente expresión matemática:

$$Q = Fc \times A \times \frac{L}{T}$$

Dónde:

Q = caudal, en m /s.

L = longitud entre el Pto. A y B en metros entre 5 a 10 metros.

A = área, en m.

T = tiempo promedio en segundos.

Fc = factor de corrección.

El valor de Fc se debe seleccionar teniendo en cuenta el tipo de río o canal y la profundidad del mismo, respecto a los valores de la siguiente tabla”: (MINAGRI, 2015)

Tabla 1. Determinación de 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)

Ven Te Chow (Hidráulica De Canales Abiertos, 1994). El efecto de la gravedad sobre el estado de flujo se representa por la relación entre las fuerzas inerciales y las fuerzas gravitacionales, definido como:

$$F = \frac{V}{\sqrt{g \times L}}$$

Donde **V** es la velocidad promedio del flujo, **g** es la aceleración causada por la gravedad y **L** es la longitud característica. En un flujo de canal abierto, la longitud característica es igual a la profundidad hidráulica **D**, que se define como el área de la sección transversal del agua perpendicular a la dirección del flujo dividida por el

ancho de la superficie libre. Para canales rectangulares, esto es igual a la profundidad de la sección de flujo. Cuando F es igual a la unidad, la ecuación se convierte en:

$$V = \sqrt{g \times D}$$

y se dice que el flujo está en un **estado crítico**.

Si F es menor que la unidad, o $V < \sqrt{gD}$, *el flujo es subcrítico*.

Si F es mayor que la unidad, o $V > \sqrt{gD}$, *el flujo es supercrítico*.

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

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$

Dónde:

Q = Caudal (m³ /s)

n = Rugosidad

A = Área (m²)

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

S= Pendiente (m/m)

Se tienen diferentes factores que se consideran en el diseño de canales, los cuales tendrán en cuenta:

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. (ANA, 2010).

Tabla 2. Valores de rugosidad “n” de Manning

n	Superficie
0.01	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.
0.02	Canales naturales de tierra, libre de vegetación.
0.025	Canales naturales con alguna vegetación y piedras esparcidas en el fondo.
0.035	Canales naturales con abundante vegetación.
0.04	Arroyos de montaña con muchas piedras.

Fuente: (ANA, 2010)

figura 3. Valores de rugosidad “n” de Manning para canales revestidos

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
B. Canales revestidos o desarmables			
B-1. Metal			
a. Superficie lisa de acero			
1. Sin pintar	0.011	0.012	0.014
2. Pintada	0.012	0.013	0.017
b. Corrugado	0.021	0.025	0.030
B-2. No metal			
a. Cemento			
1. Superficie pulida	0.010	0.011	0.013
2. Mortero	0.011	0.013	0.015
b. Madera			
1. Cepillada, sin tratar	0.010	0.012	0.014
2. Cepillada, creosotada	0.011	0.012	0.015
3. Sin cepillar	0.011	0.013	0.015
4. Láminas con listones	0.012	0.015	0.018
5. Forrada con papel impermeabilizante	0.010	0.014	0.017
c. Concreto			
1. Terminado con llana metálica (palustre)	0.011	0.013	0.015
2. Terminado con llana de madera	0.013	0.015	0.016
3. Pulido, con gravas en el fondo	0.015	0.017	0.020
4. Sin pulir	0.014	0.017	0.020
5. Lanzado, sección buena	0.016	0.019	0.023
6. Lanzado, sección ondulada	0.018	0.022	0.025
7. Sobre roca bien excavada	0.017	0.020	
8. Sobre roca irregularmente excavada	0.022	0.027	

Fuente: (Chow, 1994)

Velocidades máxima y mínima permisible. “La velocidad mínima permitida es la velocidad a la que no se permite el asentamiento. Un valor de 0,8 m/seg se considera una velocidad adecuada, que no permite la sedimentación ni impide el

crecimiento de plantas en el canal. La velocidad máxima permitida generalmente se estima; la siguiente tabla nos proporciona valores sugeridos.

Para velocidades máximas, en general, los canales con más años de servicio soportan mayores velocidades que los nuevos.

Borde libre. Es el espacio entre la cota de la corona y la superficie del agua.

Tabla 3. Borde libre en función del caudal

Caudal m ³ /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: (ANA, 2010)

Coefficientes de contracción y expansión. Los valores habituales son:

Tabla 4. Coeficientes de contracción y expansión

Transición	Contracción	Expansión
Sin transición	0	0.2
Transición gradual	0.1	0.3
Puentes	0.3	0.5
Transición abrupta	0.6	0.8

Fuente: (Mateo Del Horno, 2016)

Sección Hidráulica Óptima. Un canal con M.E.H. es cuando para la misma área y pendiente conduce el mayor caudal posible, esta condición está referida a un perímetro húmedo mínimo.

figura 4. Secciones de máxima eficiencia hidráulica

SECCION	AREA A	PERIMETRO MOJADO P	RADIO HIDRAULICO R	ANCHO SUPERFICIAL T	TIRANTE HIDRAULICO d	FACTOR HIDRAULICO Z
TRAPECIO (Mitad de un hexágono)	$\sqrt{3}y^2$	$2\sqrt{3}y$	$\frac{y}{2}$	$\frac{4}{3}\sqrt{3}y$	$\frac{3}{4}y$	$\frac{3}{2}y^{\frac{5}{2}}$
RECTANGULO (mitad de un cuadrado)	$2y^2$	$4y$	$\frac{y}{2}$	$2y$	y	$2y^{\frac{5}{2}}$
TRIANGULO (Mitad de un cuadrado)	y^2	$2\sqrt{2}y$	$\frac{1}{4}\sqrt{2}y$	$2y$	$\frac{y}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}y^{\frac{5}{2}}$
SEMICIRCULO	$\frac{\pi}{2}y^2$	πy	$\frac{1}{2}y$	$2y$	$\frac{\pi}{4}y$	$\frac{\pi}{4}y^{\frac{5}{2}}$
PARABOLA $T = 2\sqrt{2}y$	$\frac{4}{3}\sqrt{2}y^2$	$\frac{8}{3}\sqrt{2}y$	$\frac{1}{2}y$	$2\sqrt{2}y$	$\frac{2}{3}y$	$\frac{8}{9}\sqrt{3}y^{\frac{5}{2}}$
CATENARIA	$1,39586y^2$	$2,9836y$	$0,46784y$	$1,917532y$	$0,72795y$	$1,19093y^{\frac{5}{2}}$

Fuente: (Chow, 1994)

Simulación hidráulica de canales. HEC-RAS es reconocido mundialmente como un programa de modelos hidráulicos. La interfaz proporciona las siguientes funciones:

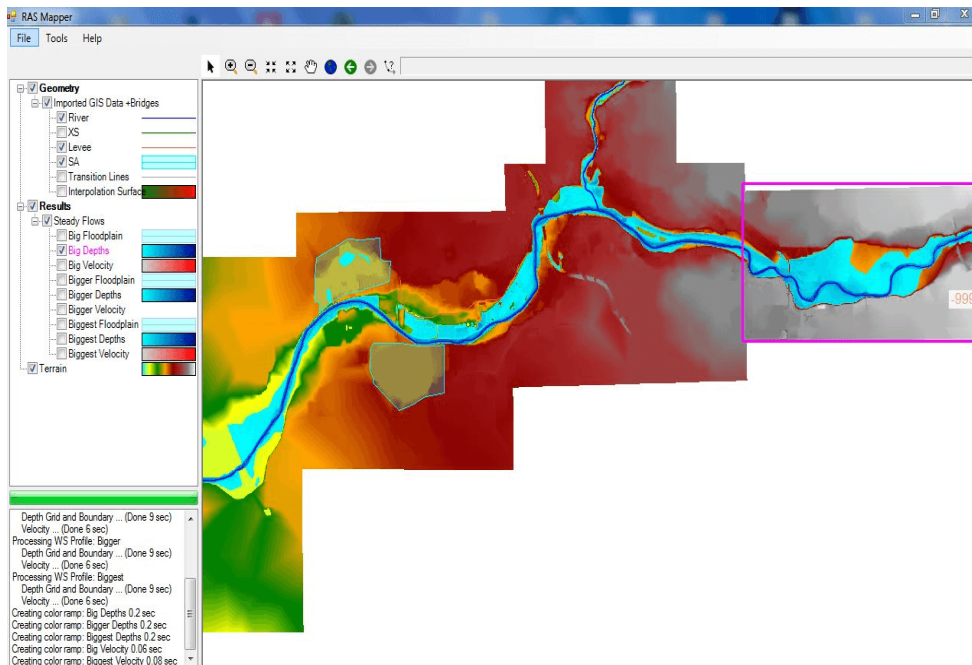
- Gestión de archivos
- Entrada y edición de datos
- Análisis hidráulicos
- Tabulación y pantallas gráficas de datos de entrada y salida
- Mapeo de inundación y animaciones de propagación de agua
- Instalaciones de informes

Componentes de análisis hidráulico. El sistema HEC-RAS contiene varios componentes de análisis fluvial para: 1. cálculos de perfil de superficie de agua de flujo constante; 2. simulación de flujo inestable de una y dos dimensiones; 3. cálculos de transporte de sedimentos límite móvil; y 4. análisis de calidad del agua. Un elemento clave es que los cuatro componentes utilizan una representación de datos geométricos comunes y rutinas de cálculo geométricas e hidráulicas comunes. Además de estos componentes de análisis de ríos, el sistema contiene

varias características de diseño hidráulico que se pueden invocar una vez que se computan los perfiles básicos de la superficie del agua.

- Perfiles de superficie de agua de flujo constante.
- Simulación de flujo inestable en una y dos dimensiones.
- Transporte de sedimentos / Cálculos de límites móviles.
- Análisis de calidad del agua. (RHydro Ingenieros S.A.C., 2018)

figura 5. Modelo numérico Hec-Ras Mapper



Fuente: (INGNOVA FORMACION, 2020)

Caudal (Flow rate): Según Sánchez et al. (journals.flvc.org, 2021) es la cantidad de agua que circula en las tuberías en un periodo de tiempo dado. Para micro-irrigación (riego por goteo), el caudal es expresado en L/h o L/min [gal/h (gph) o en gal/min (gpm)].

Canal de irrigación: un pasaje excavado en el suelo y utilizado para llevar agua a la tierra con el fin de hacer crecer las plantas. (Macmillan Dictionary, 2010)

Riego y drenaje: Riego y drenaje, riego artificial del terreno y remoción manual del exceso de agua del terreno. Algunas tierras requieren riego o drenaje para su uso en cualquier producción agrícola; otras tierras se benefician de cualquier aumento en el rendimiento. Por supuesto, algunas tierras no los necesitan. Aunque ambos enfoques pueden y se utilizan a menudo con fines no agrícolas para mejorar el medio ambiente, este artículo se limita a su aplicación en la agricultura. A menudo, ambos pueden ser necesarios al mismo tiempo para asegurar una producción agrícola sostenida y de alto nivel. Jones. (Jones, 2018)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Se observa que reúne las condiciones de una investigación aplicada con carácter descriptivo. Porque recolecta datos y los procesa apoyandose en informaciones y usa el conocimiento adquirido en su desarrollo a favor de la sociedad.

3.1.2. 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.

3.1.3. Diseño de 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 transversal-correlacional, porque se han recogido datos en una sola medición y la investigación será ejecutada durante el transcurso del presente año. Hernández et al. (Metodología de la Investigación, 2014) “En estas investigaciones las variables independientes ocurren y no es posible manipularlas, porque ya sucedieron, al igual que sus efectos”.

3.1.4. Nivel de investigación

Según la profundidad o naturaleza de la investigación el nivel es descriptivo ya que se refiere al grado de conocimiento que posee el investigador en relación con el problema de estudio.

3.2. Variables y Operacionalización

3.2.1. Variables

- Variable Independiente: Propuesta técnica de solución
- Variable dependiente: Eficiencia hidráulica.

3.2.2. Operacionalización

Tabla 5. Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	Escala de medición
INDEPENDIENTE: Propuesta técnica de solución	Es la investigación que resuelve un problema de inmediato (Salinas, 2010, pág. 17)	Investiga las mejores características geométricas y parámetros hidráulicos mediante la modelación	<ul style="list-style-type: none"> Sección transversal Pendiente Caudal máximo requerido Rugosidad 	<ul style="list-style-type: none"> Tirante máximo Velocidad Perímetro hidráulico optimizado No. Froude 	Razón
DEPENDIENTE: Eficiencia hidráulica	Ramos et al. Fuente especificada no válida. Transportar la máxima cantidad de agua con el menor perímetro posible.	Modelación en condiciones actuales	<ul style="list-style-type: none"> Geometría Caudal actual Modelación del canal existente 	<ul style="list-style-type: none"> Tirante máximo No. Froude Perímetro hidráulico existente 	Razón

Fuente: Elaboración propia

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

Para este estudio será: El Canal de irrigación Casa Blanca, que inicia en la Toma La Joya y finaliza en la Toma Santiaguillo en el distrito de Santiago, provincia y departamento de Ica.

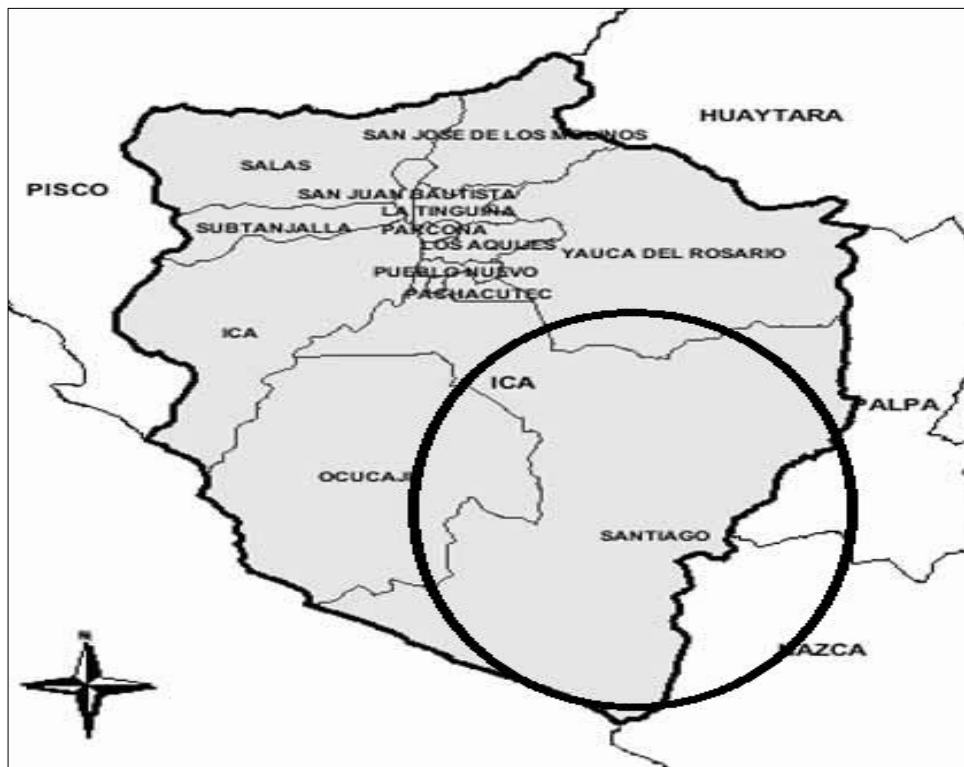
- Criterios de inclusión:
 - ✓ El tramo urbano del canal Casablanca que evidencia problemas de eficiencia hidráulica.

- Criterios de exclusión:
 - ✓ Los tramos adyacentes al tramo urbano tanto aguas arriba como aguas abajo.
 - ✓ Otros canales de la zona.

3.3.2. Muestra

El tamaño de la muestra abarcará: El tramo urbano del Canal de irrigación Casa Blanca desde el km 0+000 – 0+698.39, es decir 698.39 metros lineales, en el C.P. Casa Blanca, distrito de Santiago, provincia y departamento de Ica.

figura 6. Ubicación del distrito de Santiago, provincia y departamento de Ica



Fuente: (Valderrama, 2005)

figura 7. La muestra es el tramo urbano del Canal Casablanca



Fuente: (Google Earth, 2021)

3.3.3. Muestreo

La técnica de muestreo empleada en nuestro proyecto de investigación será no probabilística por conveniencia, debido al limitado tramo del canal, siendo seleccionado un tramo del canal en situación mas crítica, respecto al resto del mismo.

3.3.4. Unidad de análisis

En este caso es el tramo urbano de 698.39 m, como unidad de observación que constituye el objeto de categorización de de los registros elaborados para tal efecto.

3.4. Técnicas e Instrumentos 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.

Los principales instrumentos que se aplicaron en las técnicas son: Equipo fotográfico como una cámara digital, equipo topográfico siendo esta una estación total con sus instrumentos, equipo de cómputo siendo utilizada una laptop y un software de ingeniería como lo es el Hec-Ras.

Los instrumentos utilizados, en este caso los equipos topográficos aseguran una validez de medición por su grado de precisión, con un error de 3 mm ya que se ha utilizado una estación total que garantiza la confiabilidad de las mediciones cuando se realizan en distintos momentos.

Tabla 6. Resumen de las Técnicas e Instrumentos a Implementar

Tesis	Técnica	Instrumento
Verificaciones de campo	<ul style="list-style-type: none"> • Observación • Entrevista 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo Topográfico • Formatos
Verificaciones de gabinete	<ul style="list-style-type: none"> • Recopilación documental • Cuestionarios 	<ul style="list-style-type: none"> • Formatos especializados • Formatos
Cálculos y modelación	<ul style="list-style-type: none"> • Modelamiento prospectivo 	<ul style="list-style-type: none"> • Software HEC-RAS
Análisis de los resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis Comparativo 	<ul style="list-style-type: none"> • Fichas y tablas específicas

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Procedimientos:

Etapa preliminar, consiste en buscar y recopilar datos e información actual del canal, entre otros; procesamiento, evaluación y análisis de la información temática preliminar, relacionada con el ámbito de influencia del estudio.

Etapa de campo, su fin es evaluar los peligros, vulnerabilidades y riesgos de la zona de estudio, así como área de influencia, desarrollando actividades de reconocimiento de campo de toda el área de influencia del proyecto para conocer su situación actual y recopilado de información complementaria mediante un estudio topográfico con equipos como estación total, wincha y un prisma

apoyándose del Google Earth, para obtener las características geométricas del canal y el tipo de material con el que se encuentra revestido.

Etapa final de gabinete, comprende principalmente las tareas de procesamiento de la información obtenida de las etapas anteriores, en esta etapa se obtendrá los planos topográficos, las secciones transversales, la evaluación aplicando HEC-RAS 4.1.0 y el diseño a través del criterio de máxima eficiencia hidráulica y aplicando también el modelo numérico HEC-RAS 4.1.0; para proceder a desarrollar la parte metodológica y culminar con la investigación.

3.6. Métodos de análisis de datos

Para este proyecto se empleará el método de análisis descriptivo. Se describirá como influye la variable independiente, aplicando el criterio de máxima eficiencia hidráulica, utilizando el modelo numérico Hec-Ras.

3.7. Aspectos éticos

El proyecto de investigación se basa en el estricto respeto a los principios de la ética de la investigación y el cumplimiento de la propiedad académica mediante el uso de citas prescritas y referencias a los resultados de la investigación, en relación con los antecedentes de la investigación y los principales conceptos teóricos relacionados para evaluar los componentes de las ideas y métodos.

El proceso de recopilación de datos requiere la aprobación previa de los investigadores para garantizar el principio de confidencialidad.

IV. RESULTADOS

4.1. Estudio topográfico

Las coordenadas de los BM instalados en el canal para realizar el control horizontal y altimétrico son:

Tabla 7. Coordenadas de los BM para el control topográfico

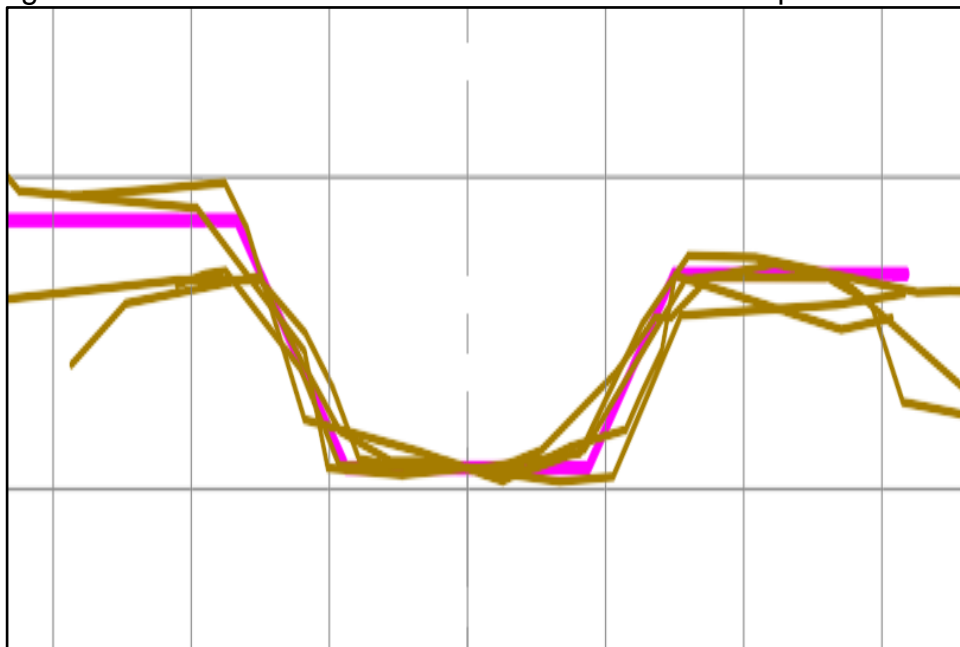
Punto	Coordenadas UTM (m)		Cota (msnm)
	Este	Norte	
BM1	423,003.60	8,430,581.29	369.01
BM2	423,022.77	8,430,583.08	368.87
BM3	423,202.03	8,430,000.77	368.90

Fuente: Elaboración propia

El promedio de la pendiente obtenida es: 0.00043 m/m

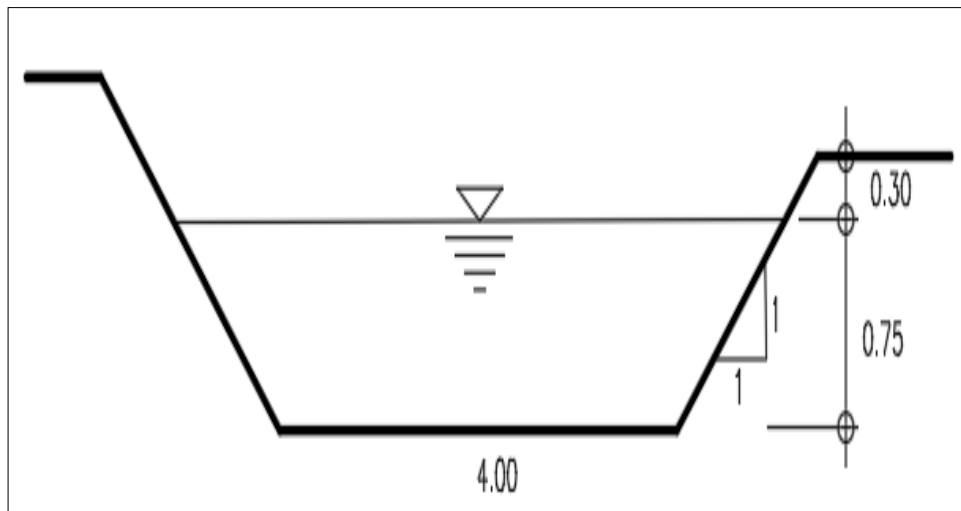
Para obtener la sección transversal promedio del canal se tuvo que montar varias secciones transversales obtenidas del levantamiento topográfico, tal como se muestra en la figura siguiente:

figura 8. Forma de obtener la sección transversal promedio



Fuente: Elaboración propia

figura 9. Obtención de las medidas de la sección transversal promedio



Fuente: *Elaboración propia*

4.2. Obtención del caudal promedio

Se utilizó el método de sección - pendiente, tomando como puntos de aforo tramos que estén con menos vegetación dentro del canal y en el borde para poder hacer la medición lineal. Se tomaron tramos de 10 m en 3 puntos diferentes del canal. Se introdujo una botella de medio litro y se llenó con agua hasta la mitad.

figura 10. Obtención de la velocidad media – Método del flotador



Fuente: *Elaboración propia*

figura 11. Obtención de tirantes en el canal.



Fuente: *Elaboración propia*

Al momento de sumergirla se cronometr  el tiempo que transcurre desde el inicio del tramo hasta completar los 10 m. Esta operación se realiza 5 veces en diversos intervalos de tiempo. Con estos datos se obtuvo la velocidad media. Se determinó el área de sección en el inicio y final del tramo de 10 m.

Tabla 8. Velocidad promedio tramo 1

Distancia (m)	Tiempo (seg)	Factor de corrección	Velocidad (m/seg)	Pendiente (m/m)
10	17	0.7	0.412	0.00043
10	17	0.7	0.412	0.00043
10	16	0.7	0.438	0.00043
10	18	0.7	0.389	0.00043
10	16	0.7	0.438	0.00043
Velocidad promedio =			0.417	

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 9. Velocidad promedio tramo 2

Distancia (m)	Tiempo (seg)	Factor de corrección	Velocidad (m/seg)	Pendiente (m/m)
10	16	0.7	0.438	0.00043
10	18	0.7	0.389	0.00043
10	16	0.7	0.438	0.00043
10	18	0.7	0.389	0.00043
10	17	0.7	0.412	0.00043
Velocidad promedio =			0.413	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Velocidad promedio tramo 3

Distancia (m)	Tiempo (seg)	Factor de corrección	Velocidad (m/seg)	Pendiente (m/m)
10	16	0.7	0.438	0.00043
10	17	0.7	0.412	0.00043
10	16	0.7	0.438	0.00043
10	18	0.7	0.389	0.00043
10	18	0.7	0.389	0.00043
Velocidad promedio =			0.413	

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se promediaron las 3 velocidades obtenidas:

$V_{prom} = (V1 + V2 + V3) / 3 = (0.417 + 0.413 + 0.413) / 3 \approx 0.41$ m/seg. Durante el proceso de aforo se midieron tirantes, tanto en el inicio del tramo urbano del canal, como en el final y en algunos trayectos intermedios. El tirante promedio fue: $Y_{prom} = 0.75$ m

El coeficiente de rugosidad "n" de Manning, se tomó de la tabla 2. Considerando un canal de tierra con abundante vegetación el coeficiente considerado es:

$$C = 0.035$$

Tomando los datos de la Fig. 8 y este tirante, se ingresó al programa Hcanales:

figura 12. Obtención de datos geométricos de la sección transversal:

Cálculo del caudal, sección trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Tirante (y): m
 Ancho de solera (b): m
 Talud (Z):
 Coeficiente de rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m

Resultados:

Caudal (Q): m³/s
 Area hidráulica (A): m²
 Radio hidráulico (R): m
 Número de Froude (F):
 Tipo de flujo:

Velocidad (v): m/s
 Perímetro (p): m
 Espejo de agua (T): m
 Energía específica (E): m-Kg/Kg

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Fuente: Elaboración propia

Análisis de los resultados:

Los datos obtenidos mediante el software Hcanales son:

- Caudal $Q = 1.47$ m³/seg
- Velocidad = 0.41 m/seg
- Espejo de agua = 5.50 m
- No. de Froude = 0.16
- Flujo = Subcrítico

Con lo cual se aprecia que la geometría de la sección transversal del canal en condiciones actuales tiene mucha similitud con lo obtenido en campo. Asimismo, la velocidad también tiene similitud, encontrándose que no es erosiva, permitiendo un flujo subcrítico, no turbulento

:

figura 13. Se aprecia flujo subcrítico, no turbulento



Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, se aprecia también que el caudal máximo que lleva el canal es de 1.64 m³/seg y no los 5 m³/seg para lo cual fue diseñado. Aunque en la bocatoma se puede regular el caudal que ingresa, habría que simular el flujo para verificar hasta que caudal se puede conducir en condiciones actuales.

4.3. Modelación del canal existente con HEC-RAS 4.1.0

Para el modelado en HEC-RAS se requirió de los siguientes parámetros:

- ✓ Longitud total del tramo urbano: 698.39 m
- ✓ Pendiente promedio: 0.00043 m/m
- ✓ Caudal: 1.47 m³/seg
- ✓ Coeficiente de rugosidad: 0.035 para canales de tierra con mucha vegetación.

4.3.1. Coeficientes de contracción y expansión

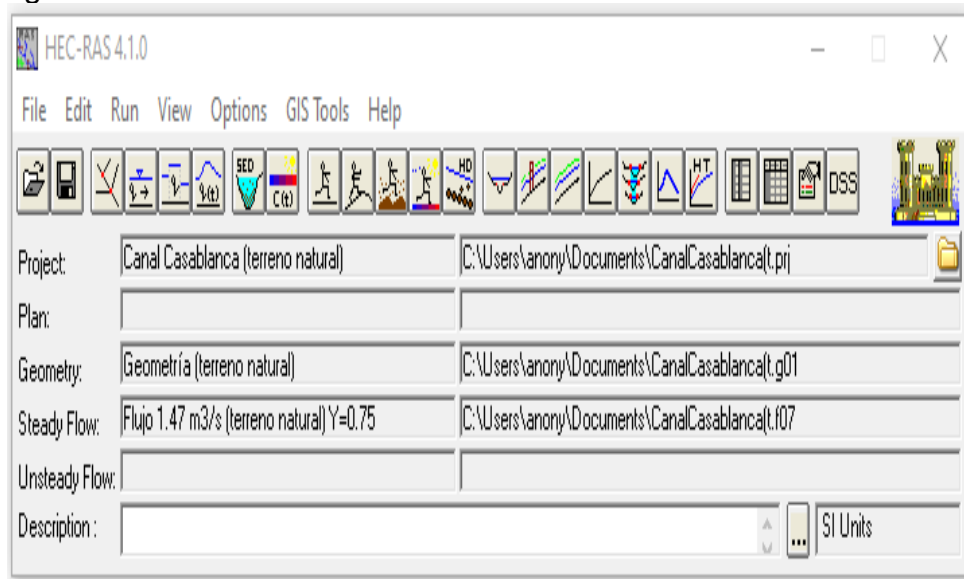
Se usa cuando existen cambios de sección en el canal. De mayor a menor sección se usa un coeficiente de contracción; de menor a mayor sección se usa el coeficiente de expansión. Para este caso entre la progresiva 0+000 y la 0+025 existe

una transición de sección rectangular a sección trapezoidal (aproximadamente). Esta sección rectangular es la que sale del puente y entra al canal abierto. Para estos casos la Hec-Ras 4.1.0, recomienda en (Engineers UAC , 2016), usar 0.30 y 0.50 respectivamente.

4.3.2. Modelado en Hec – Ras 4.1.0: Método de flujo bajo y alto

Se inicia creando el proyecto con el nombre “Canal Casablanca”.

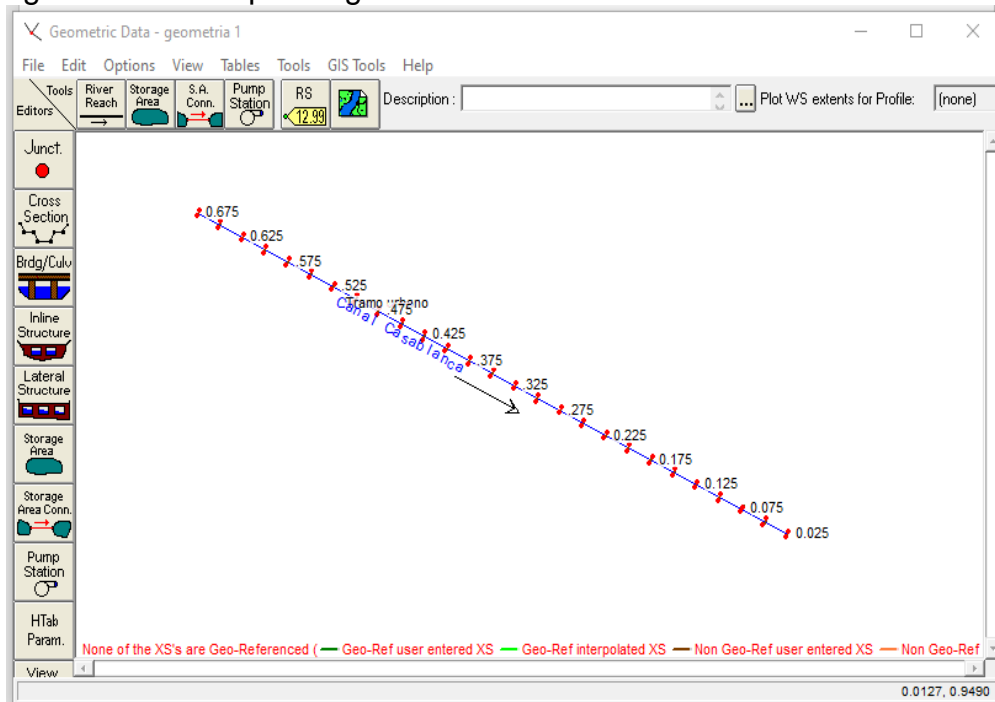
figura 14. Pantalla de inicio del Hec-Ras 4.1.0



Fuente: Elaboración propia

Luego se ingresa la geometría del canal haciendo un trazo desde arriba hacia abajo para que el canal asuma la dirección del flujo.

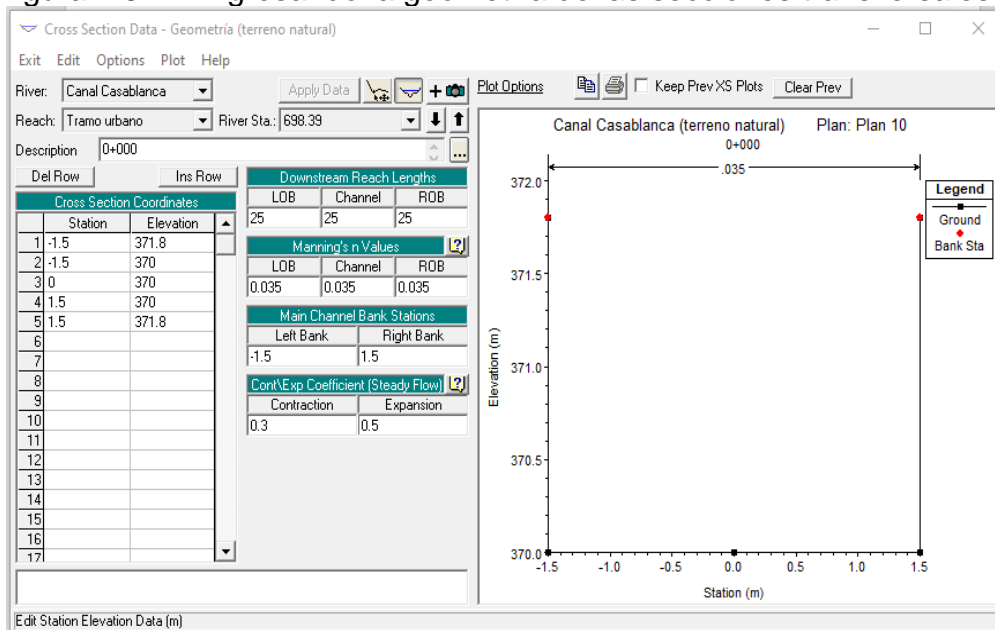
figura 15. Esquema general del canal



Fuente: Elaboración propia

Una vez trazado el canal, se introduce la geometría de las secciones transversales (Cross Section). Para este caso se tuvo que ingresar los datos de sección en forma de coordenadas. Además de la rugosidad del canal y señalar los bordes del canal principal (Main Channel Bank Stations).

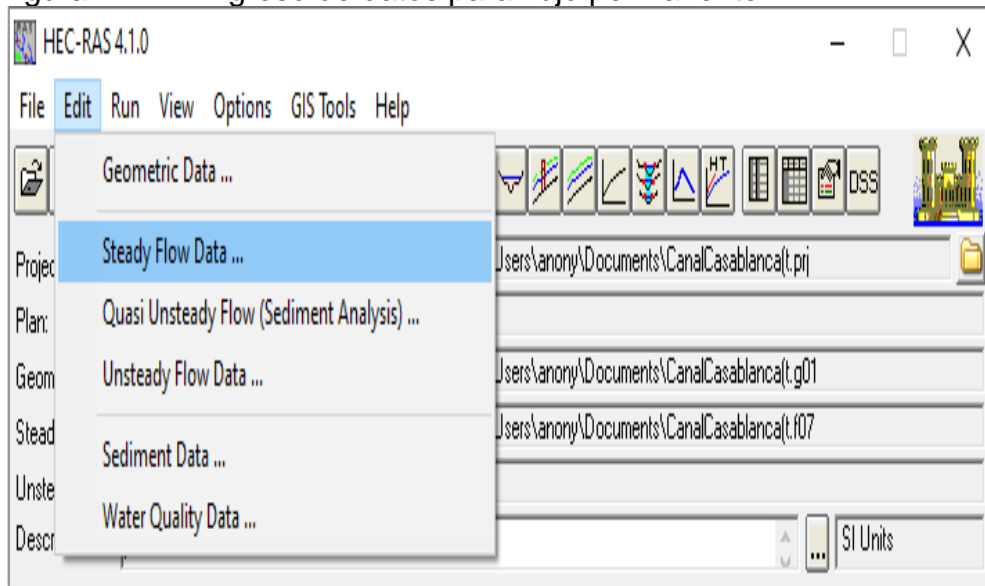
figura 16. Ingresando la geometría de las secciones transversales



Fuente: Elaboración propia

En la opción Steady Flow Data (Datos de flujo permanente) ingresamos los datos de flujo, caudal y tirantes conocidos.

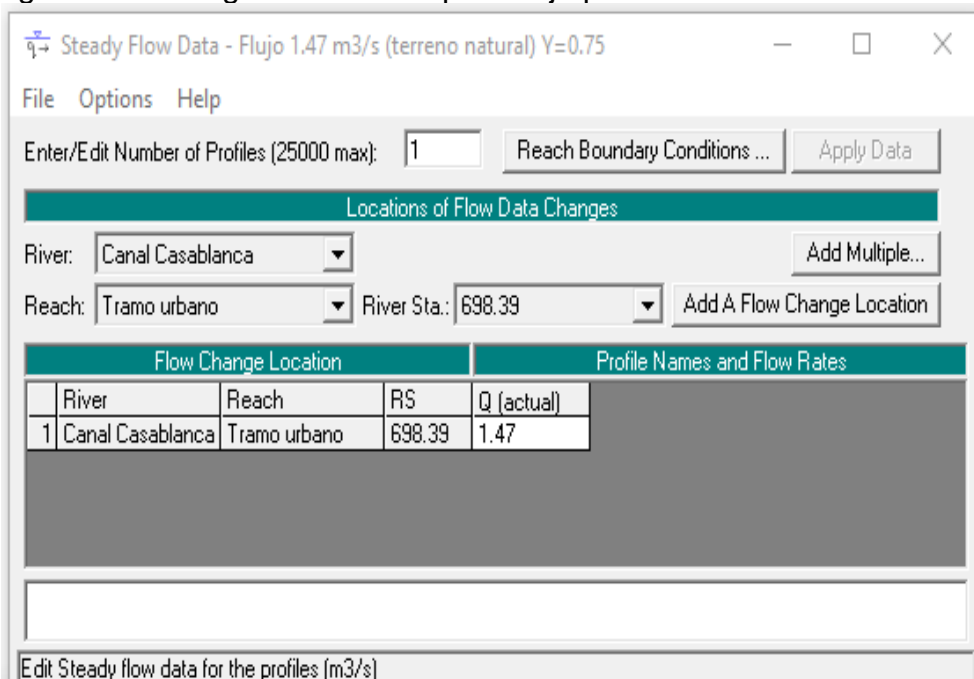
figura 17. Ingreso de datos para flujo permanente



Fuente: Elaboración propia

Para la modelación se ingresan datos de caudal, en este caso será el caudal promedio encontrado según el Hcanales. $Q=1.64 \text{ m}^3/\text{seg}$.

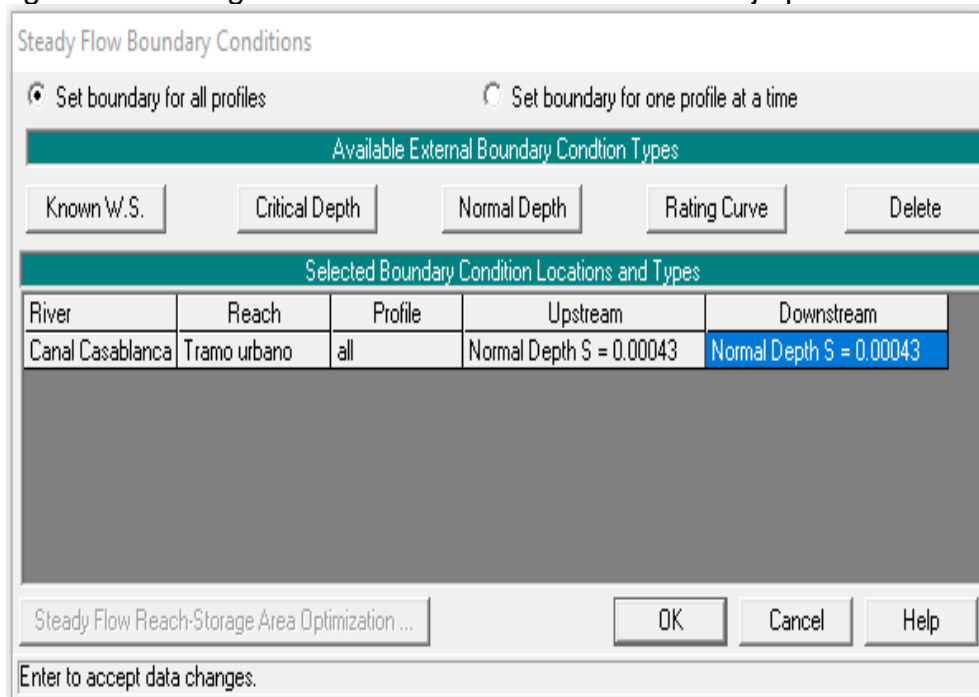
figura 18. Ingreso de datos para flujo permanente. $Q= 1.47\text{m}^3/\text{seg}$



Fuente: Elaboración propia

Como se tienen tirantes conocidos aguas arriba y aguas abajo, se introducen ambos en Steady Flow Boundary Conditions (Condiciones de Borde Flujo Permanente).

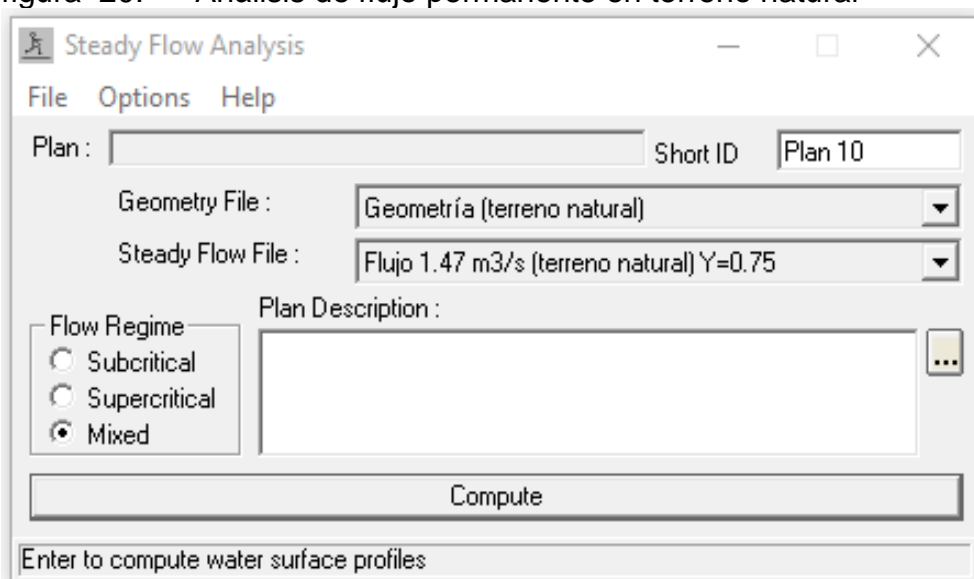
figura 19. Ingreso de condiciones de borde de flujo permanente



Fuente: Elaboración propia

Luego se corre el programa simulando flujo mixto, ya que se tiene datos conocidos aguas arriba y aguas abajo:

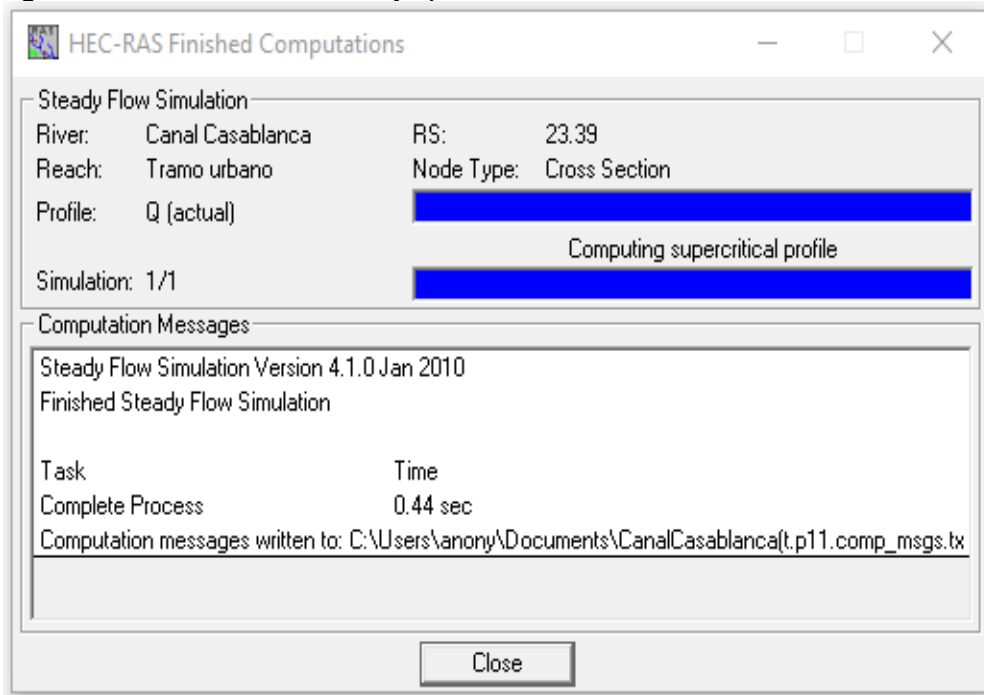
figura 20. Análisis de flujo permanente en terreno natural



Fuente: Elaboración propia

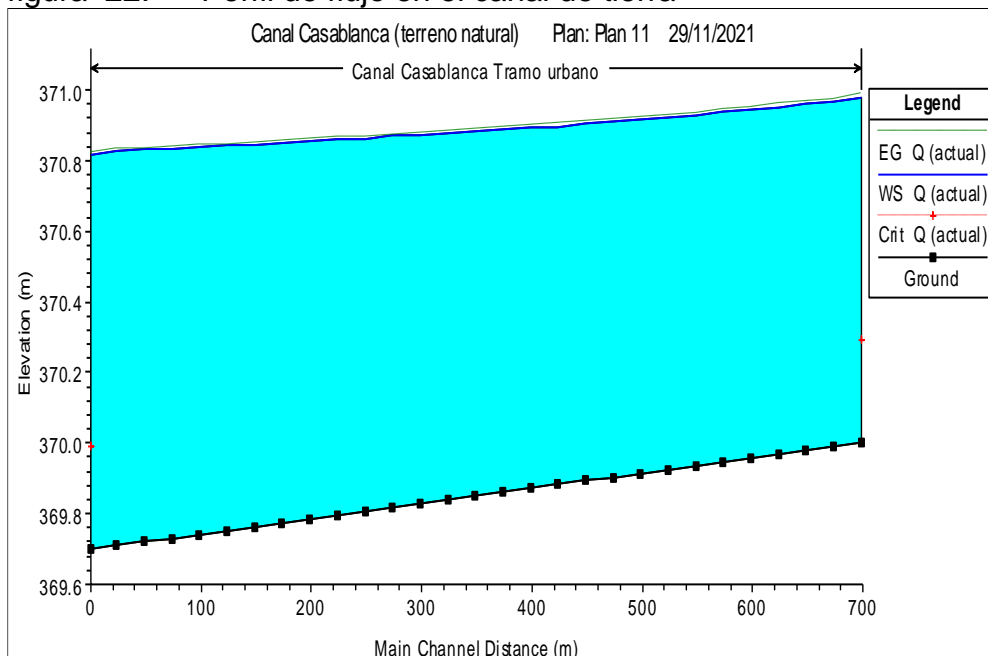
Una vez que corre el programa debe mostrar el siguiente cuadro donde aprecia que no ha habido errores en el análisis:

figura 21. Análisis de flujo permanente sin errores



Fuente: Elaboración propia

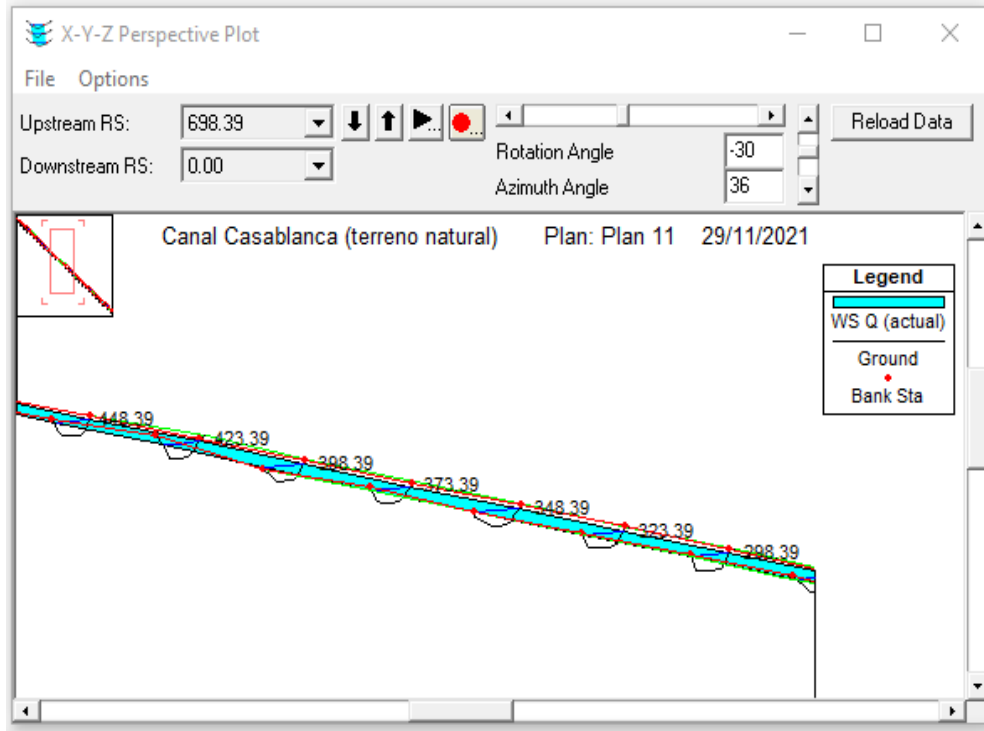
figura 22. Perfil de flujo en el canal de tierra



Fuente: Elaboración propia

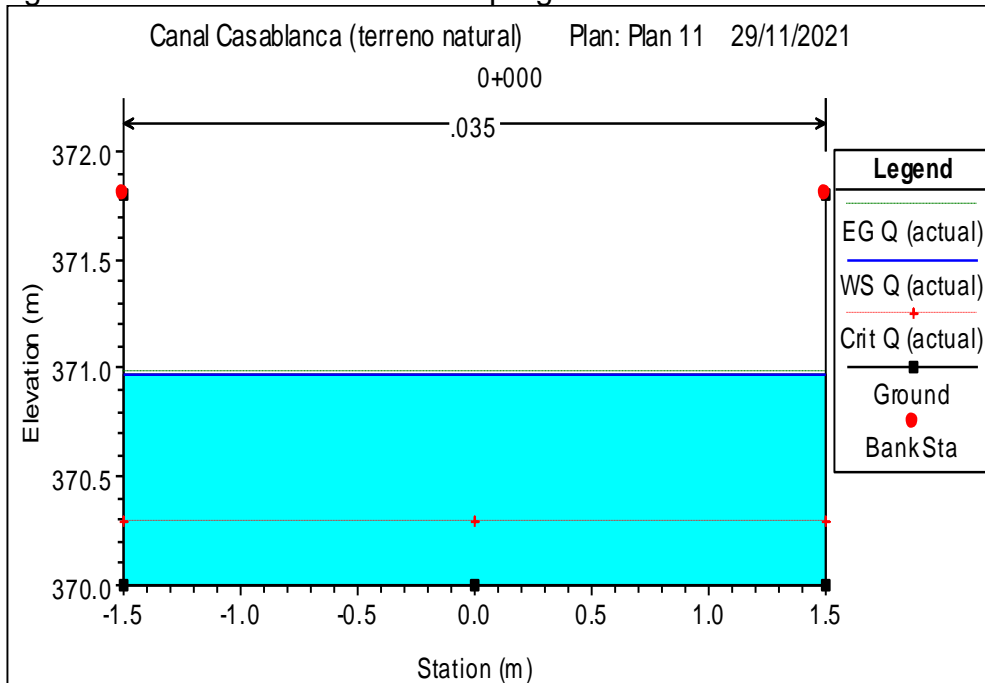
Una vez corrido el análisis se puede visualizar por ejemplo el canal en vista 3d:

figura 23. Vista del canal de tierra en perspectiva 3D



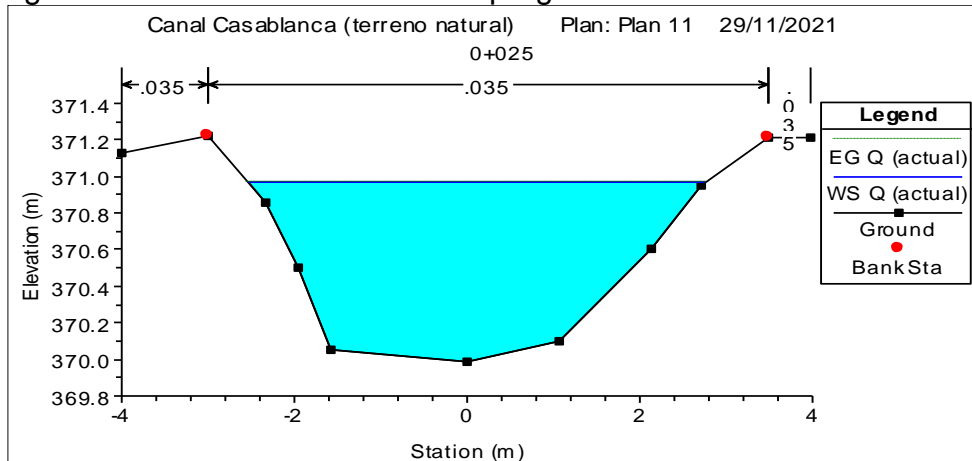
Fuente: Elaboración propia

figura 24. Sección transversal progresiva 0+000



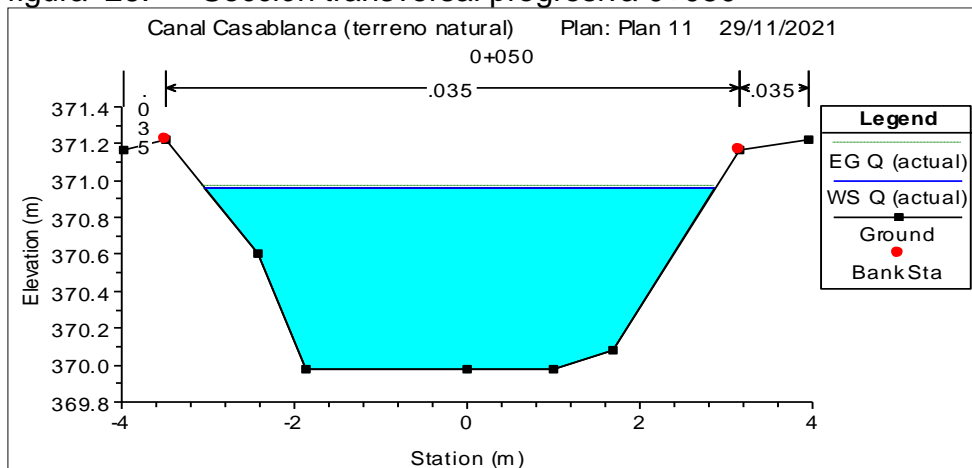
Fuente: Elaboración propia

figura 25. Sección transversal progresiva 0+025



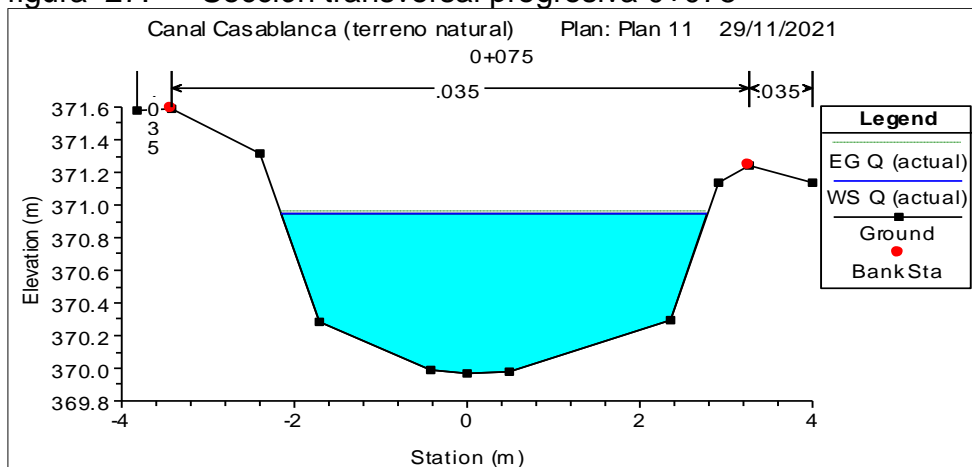
Fuente: Elaboración propia

figura 26. Sección transversal progresiva 0+050



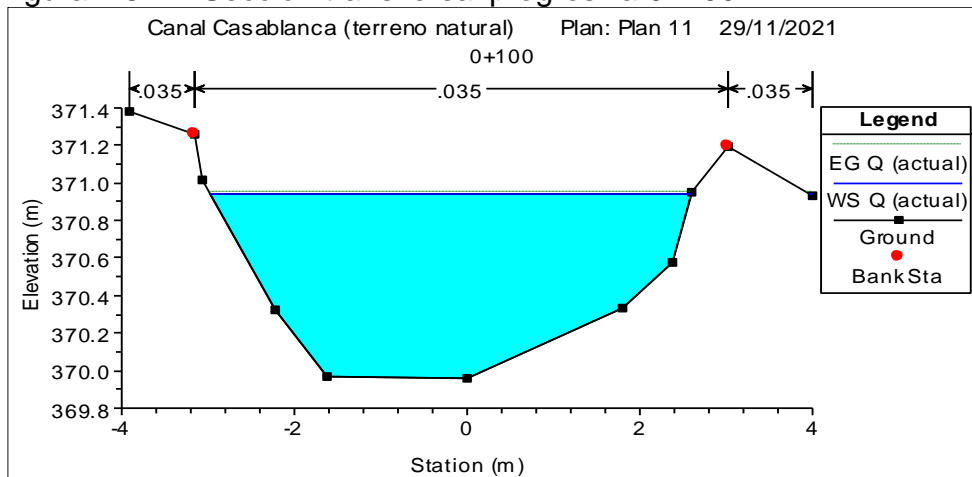
Fuente: Elaboración propia

figura 27. Sección transversal progresiva 0+075



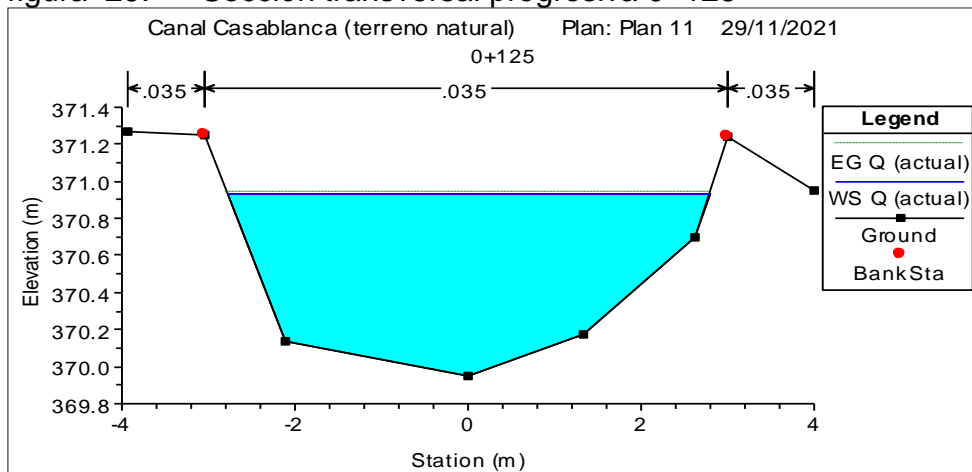
Fuente: Elaboración propia

figura 28. Sección transversal progresiva 0+100



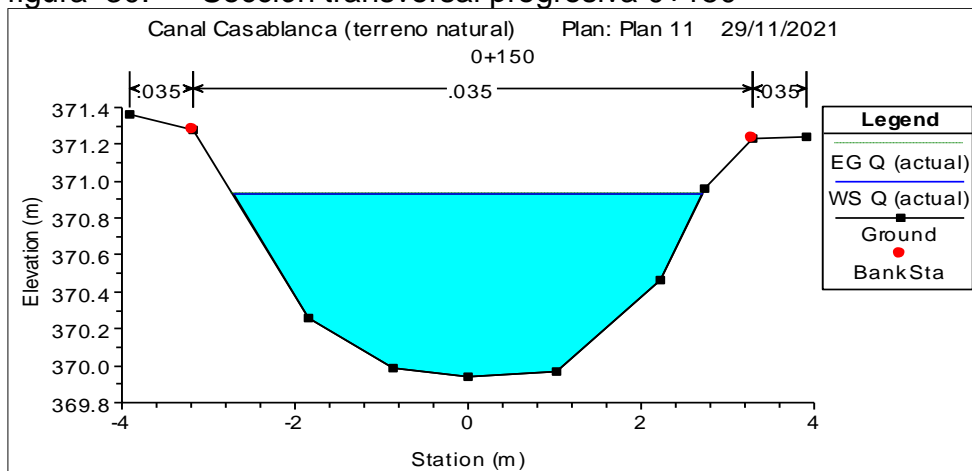
Fuente: Elaboración propia

figura 29. Sección transversal progresiva 0+125



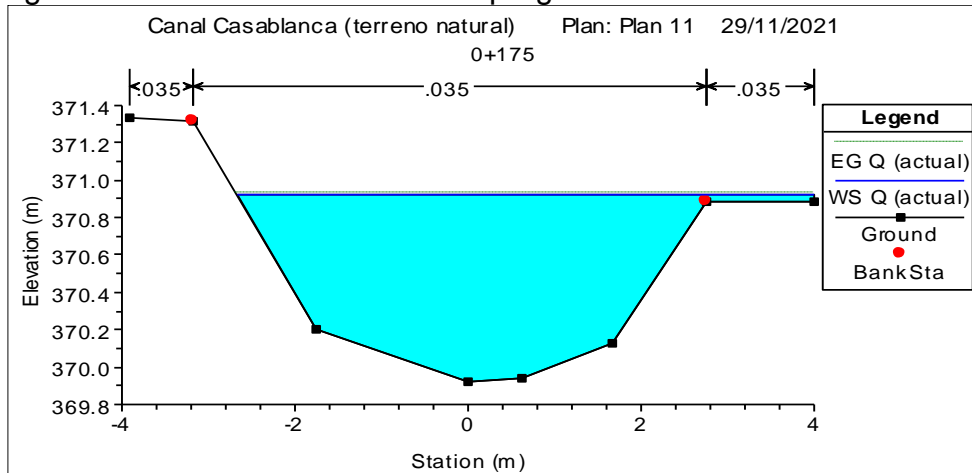
Fuente: Elaboración propia

figura 30. Sección transversal progresiva 0+150



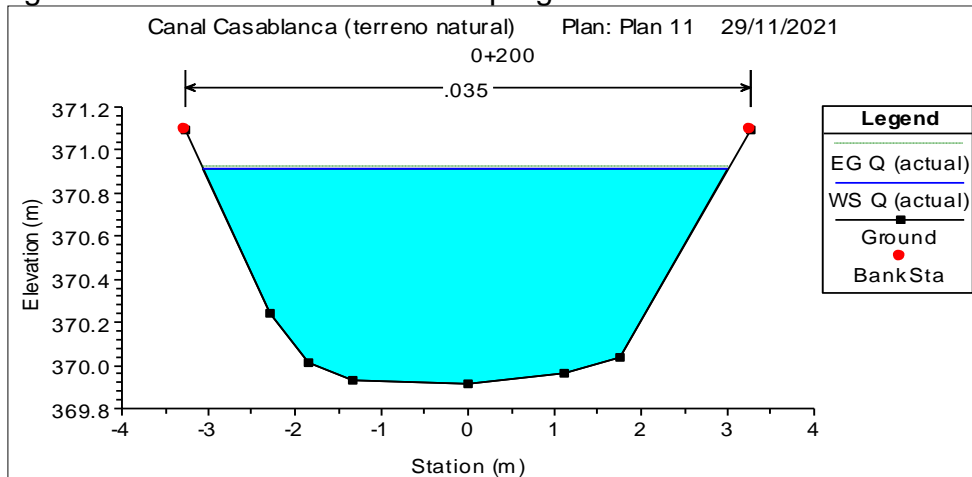
Fuente: Elaboración propia

figura 31. Sección transversal progresiva 0+175



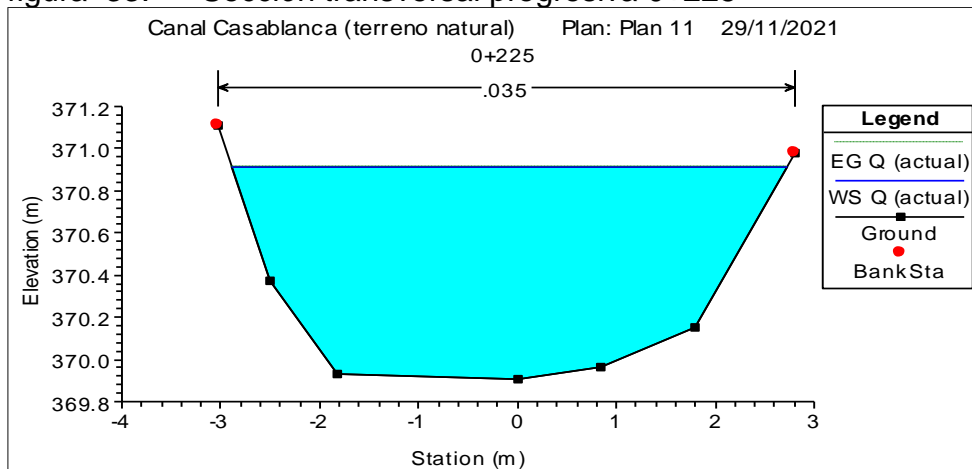
Fuente: Elaboración propia

figura 32. Sección transversal progresiva 0+200



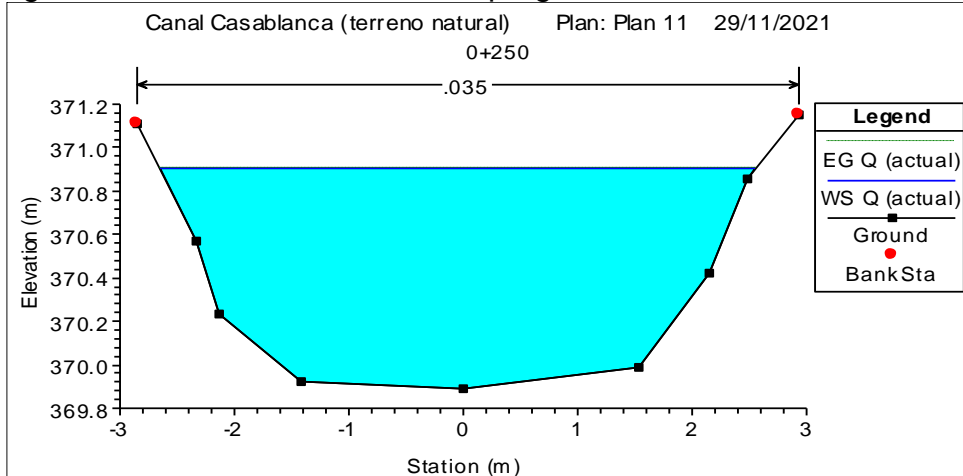
Fuente: Elaboración propia

figura 33. Sección transversal progresiva 0+225



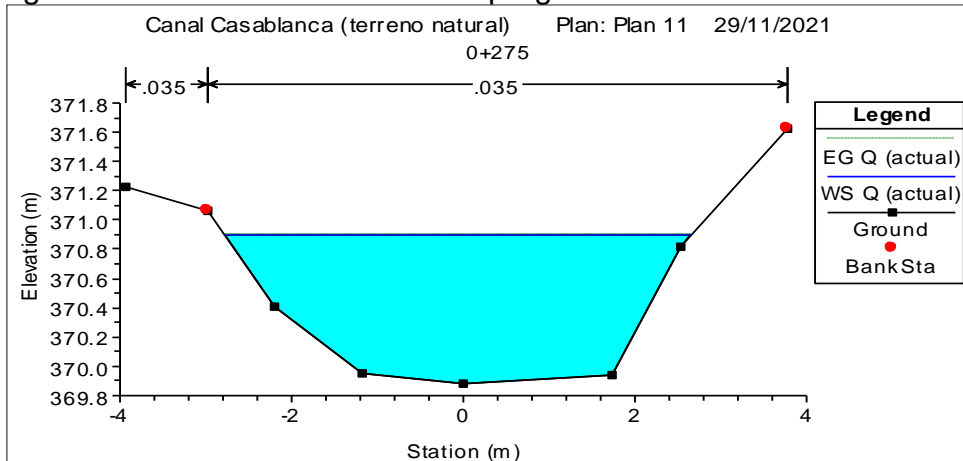
Fuente: Elaboración propia

figura 34. Sección transversal progresiva 0+250



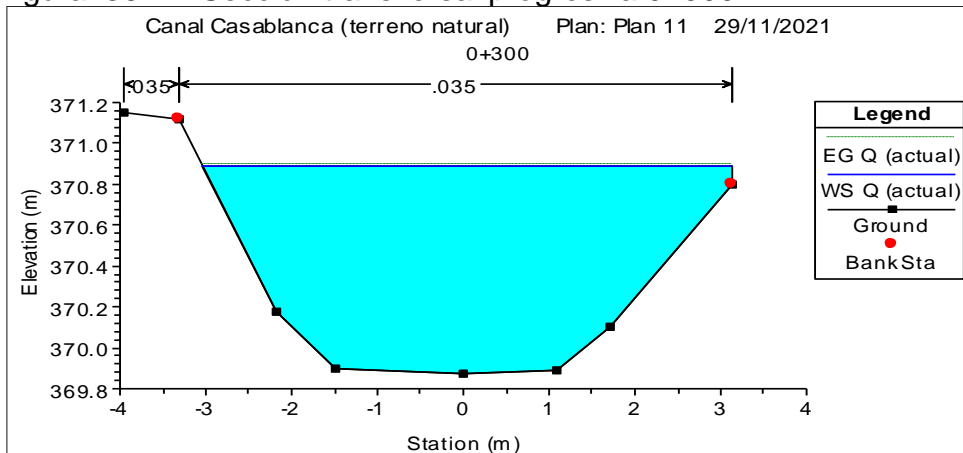
Fuente: Elaboración propia

figura 35. Sección transversal progresiva 0+275



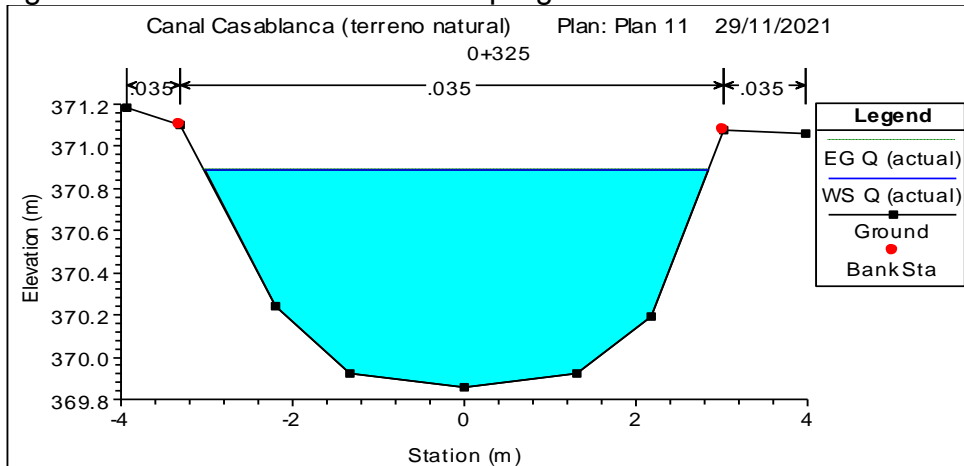
Fuente: Elaboración propia

figura 36. Sección transversal progresiva 0+300



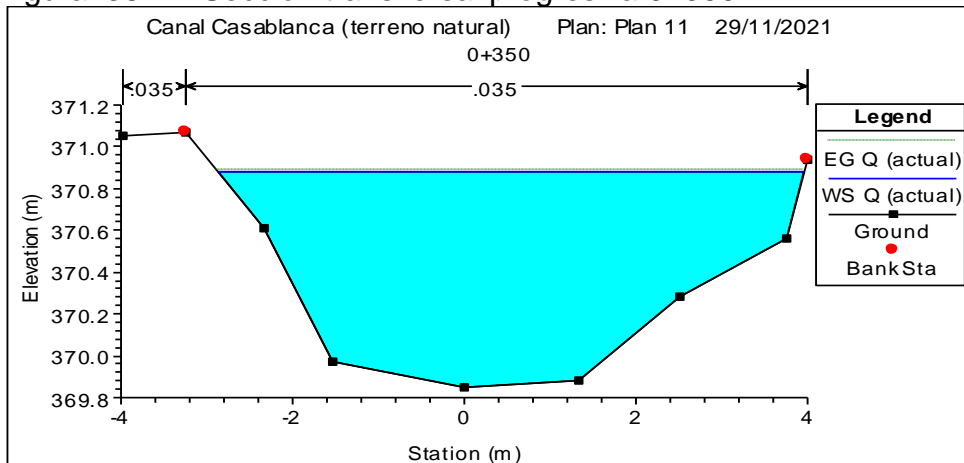
Fuente: Elaboración propia

figura 37. Sección transversal progresiva 0+325



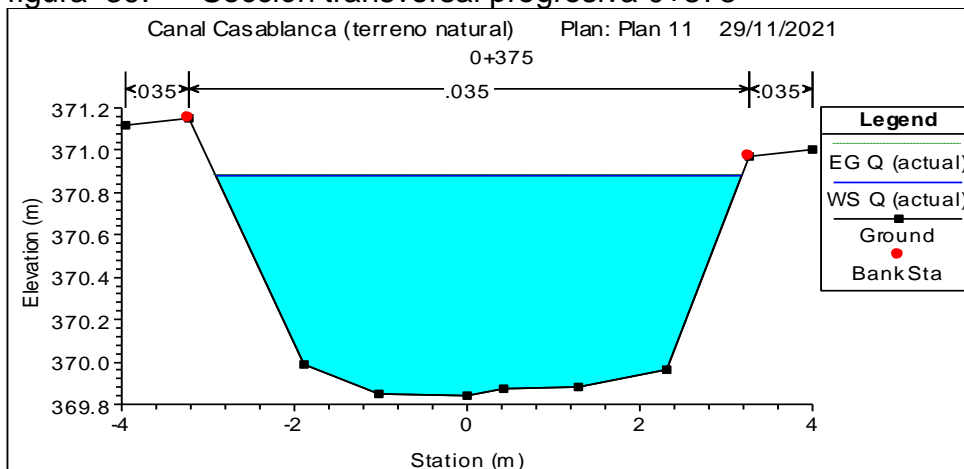
Fuente: Elaboración propia

figura 38. Sección transversal progresiva 0+350



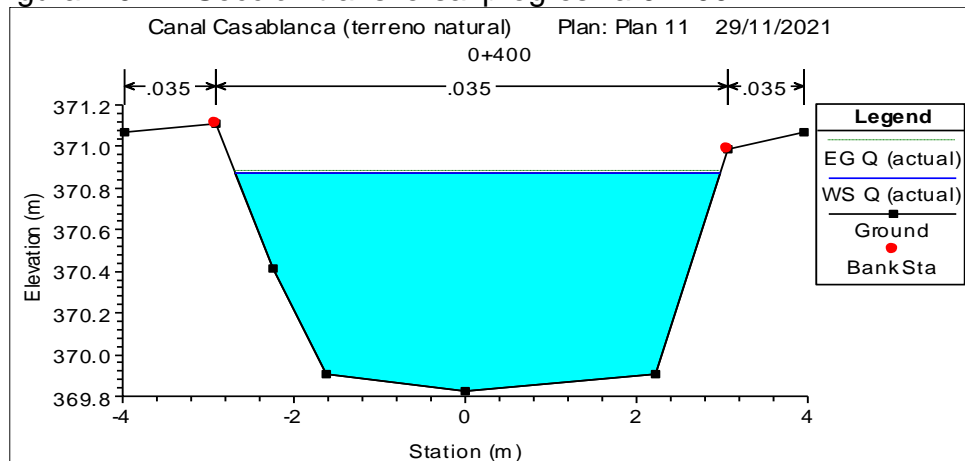
Fuente: Elaboración propia

figura 39. Sección transversal progresiva 0+375



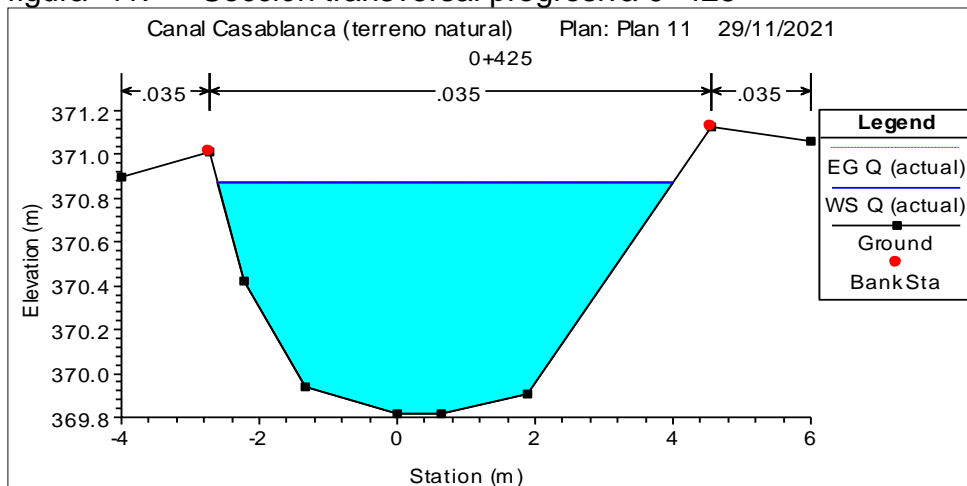
Fuente: Elaboración propia

figura 40. Sección transversal progresiva 0+400



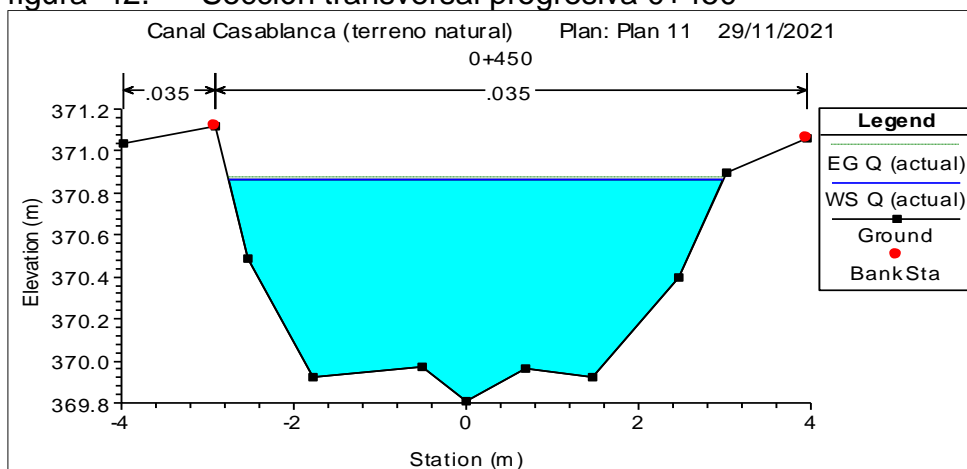
Fuente: Elaboración propia

figura 41. Sección transversal progresiva 0+425



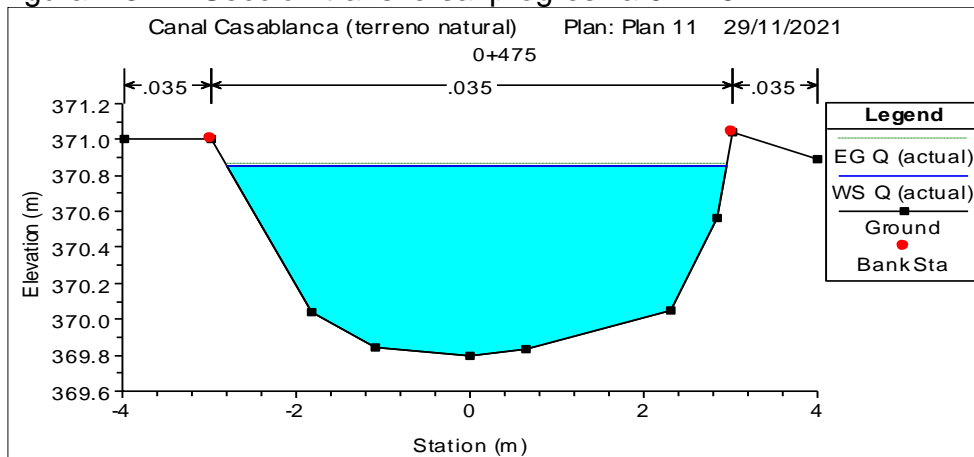
Fuente: Elaboración propia

figura 42. Sección transversal progresiva 0+450



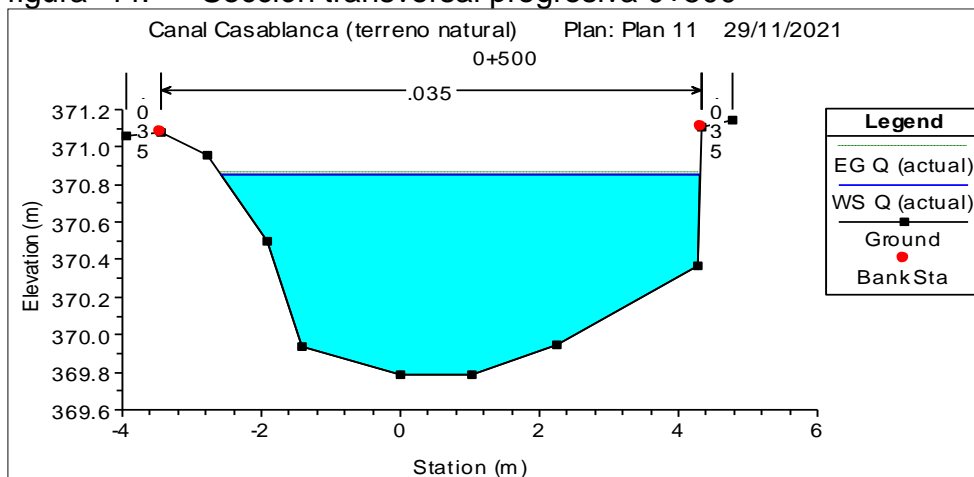
Fuente: Elaboración propia

figura 43. Sección transversal progresiva 0+475



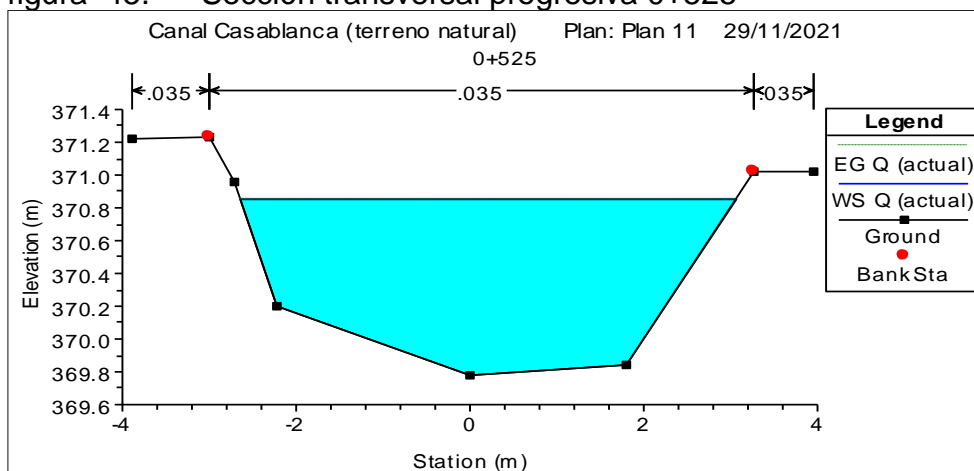
Fuente: Elaboración propia

figura 44. Sección transversal progresiva 0+500



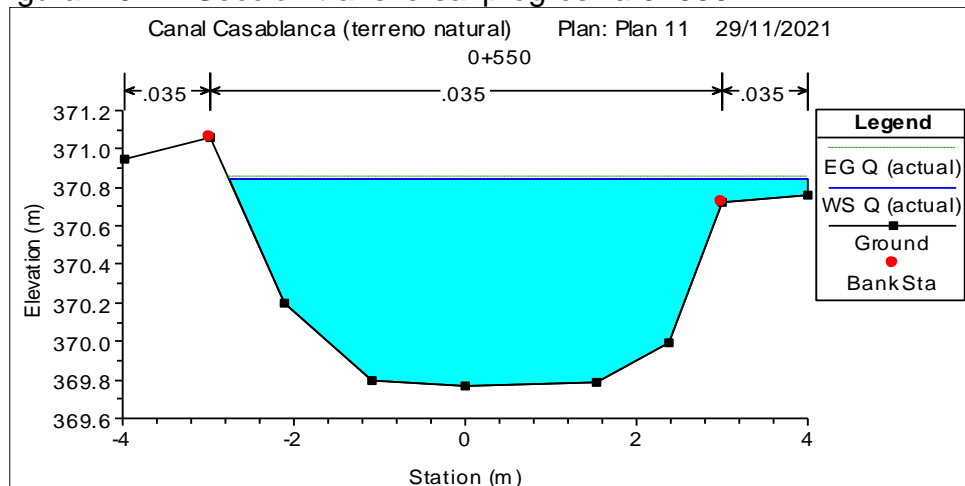
Fuente: Elaboración propia

figura 45. Sección transversal progresiva 0+525



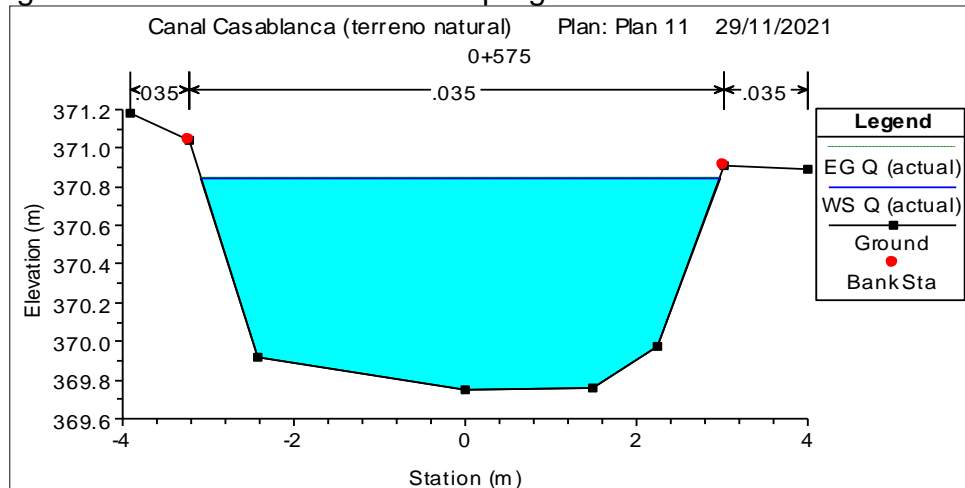
Fuente: Elaboración propia

figura 46. Sección transversal progresiva 0+550



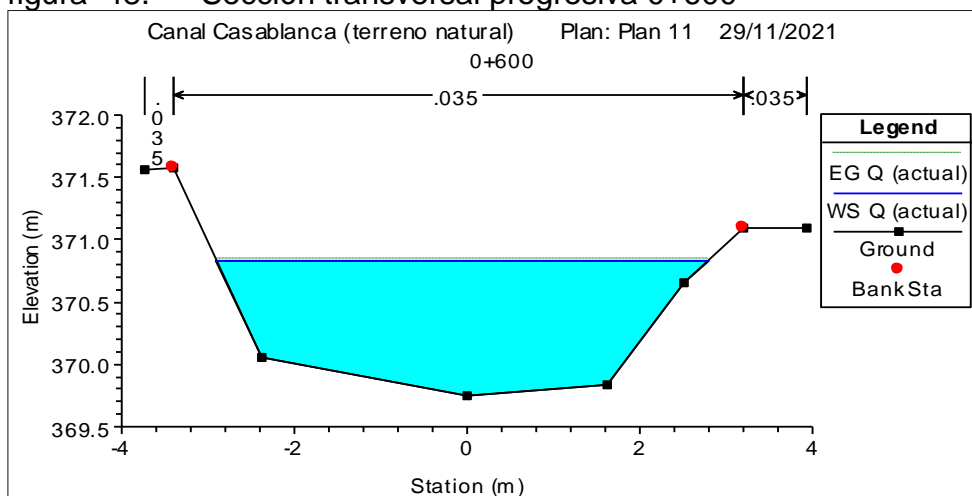
Fuente: Elaboración propia

figura 47. Sección transversal progresiva 0+575



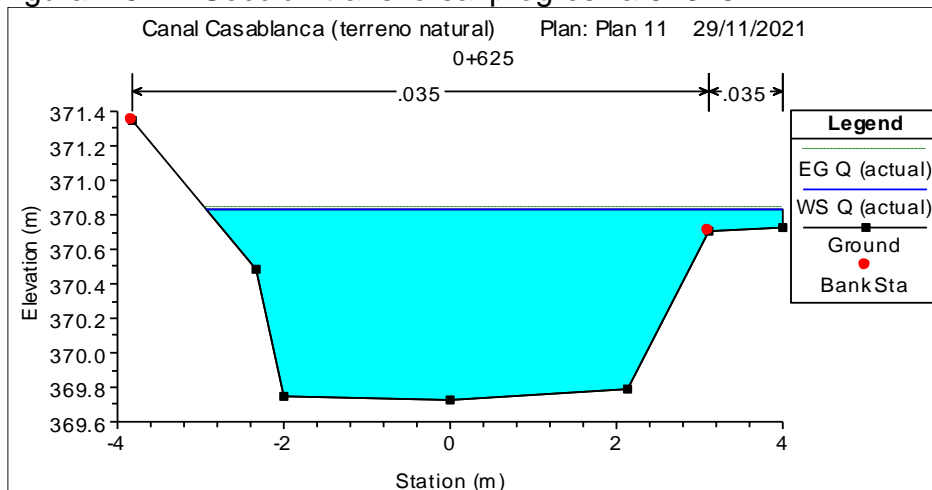
Fuente: Elaboración propia

figura 48. Sección transversal progresiva 0+600



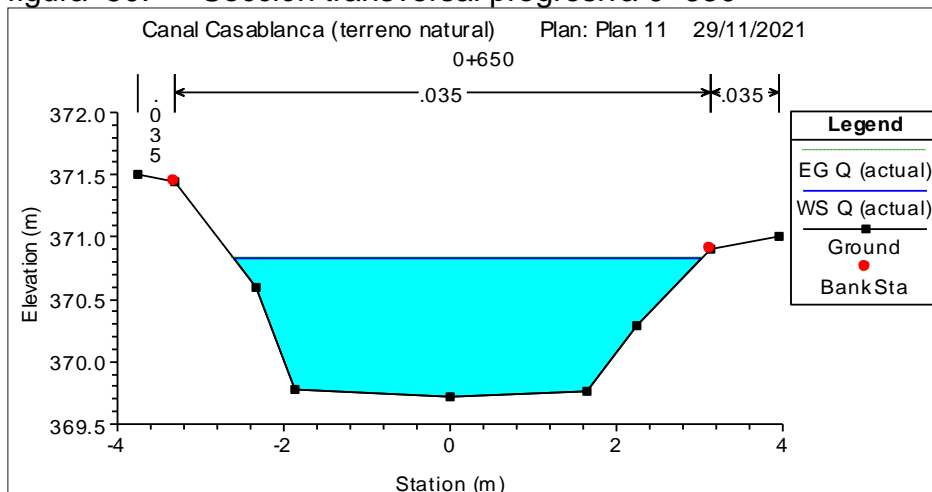
Fuente: Elaboración propia

figura 49. Sección transversal progresiva 0+625



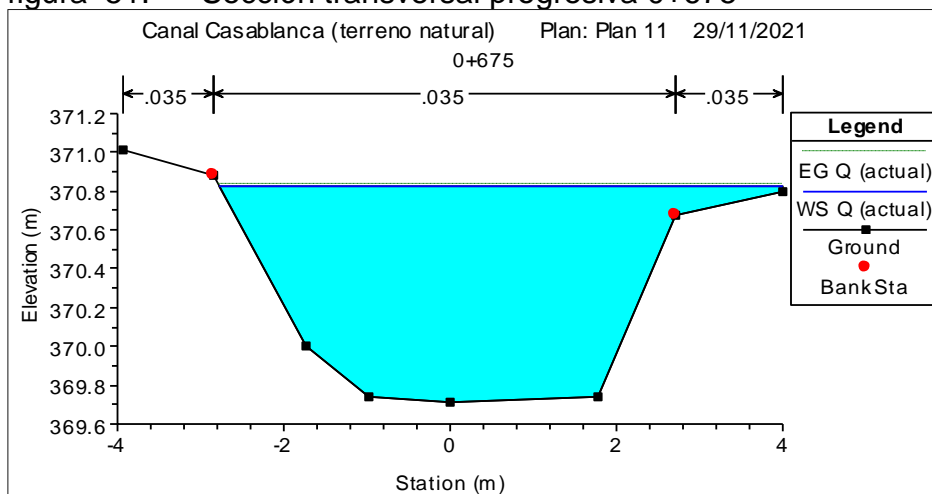
Fuente: Elaboración propia

figura 50. Sección transversal progresiva 0+650



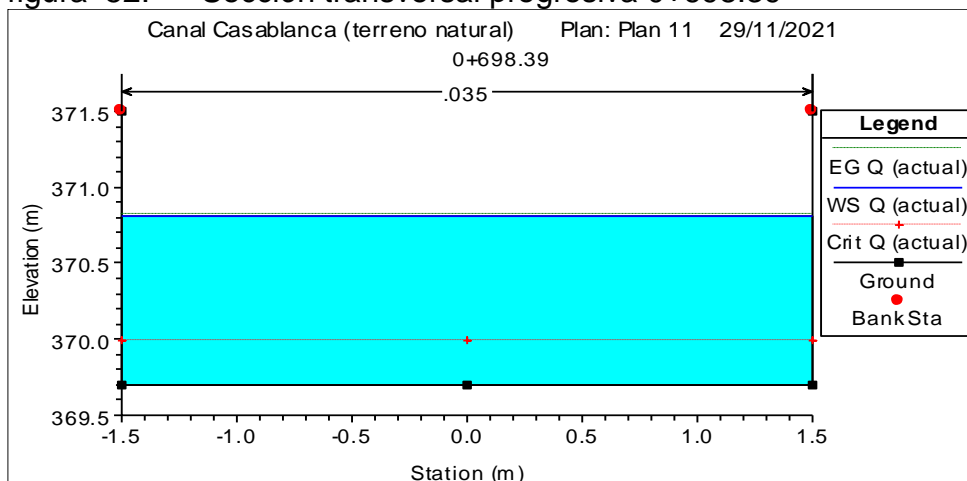
Fuente: Elaboración propia

figura 51. Sección transversal progresiva 0+675



Fuente: Elaboración propia

figura 52. Sección transversal progresiva 0+698.39



Fuente: Elaboración propia

Según lo que se aprecia en las secciones: 0+300; 0+675, 0+625 y 0+550 se producen desbordes. Existen otros puntos críticos que de producirse un pequeño incremento de caudal también colapsarían, estos se encuentran en las progresivas 0+350, 0+175 y 0+575.

figura 53. Zona de desbordes progresiva 0+175



Fuente: Elaboración propia

figura 54. Se aprecia abundante vegetación, acumulación de desperdicios y humedecimiento del suelo adyacente.



Fuente: Elaboración propia

De seguir colmatándose este canal con desperdicios, vegetación y deformándose sus bordes, no es posible conducir el caudal para lo cual fue diseñado originalmente, ya que como se aprecia, solo conduce el 29.4% del total. Los resultados que muestra el Hec-Ras 4.1.0, en la modelación del canal de tierra son los siguientes:

Tabla 11. Tabla de resultados del canal de tierra en Hec-Ras.

Prog.	Q (m ³ /s)	n	Cota fondo (m)	Cota espejo (m)	Tirante (m)	Velocid ad (m/seg)	Área de flujo (m ²)	o. Froude	Tipo de flujo
0+000	1.47	0.035	370.00	370.98	0.98	0.50	2.92	0.16	Subcrítico
0+025	1.47	0.035	369.99	370.97	0.98	0.41	3.62	0.16	Subcrítico
0+050	1.47	0.035	369.98	370.96	0.98	0.33	4.45	0.12	Subcrítico
0+075	1.47	0.035	369.97	370.95	0.98	0.39	3.73	0.14	Subcrítico
0+100	1.47	0.035	369.96	370.94	0.98	0.36	4.07	0.14	Subcrítico
0+125	1.47	0.035	369.95	370.94	0.99	0.37	4.00	0.14	Subcrítico
0+150	1.47	0.035	369.94	370.93	0.99	0.38	3.88	0.14	Subcrítico
0+175	1.47	0.035	369.93	370.92	0.99	0.38	3.86	0.15	Subcrítico
0+200	1.47	0.035	369.91	370.92	1.01	0.32	4.64	0.12	Subcrítico
0+225	1.47	0.035	369.90	370.91	1.01	0.33	4.42	0.12	Subcrítico
0+250	1.47	0.035	369.89	370.90	1.01	0.35	4.15	0.13	Subcrítico
0+275	1.47	0.035	369.88	370.90	1.02	0.35	4.16	0.13	Subcrítico
0+300	1.47	0.035	369.87	370.89	1.02	0.31	4.68	0.12	Subcrítico
0+325	1.47	0.035	369.86	370.89	1.03	0.32	4.55	0.12	Subcrítico
0+350	1.47	0.035	369.85	370.88	1.03	0.30	4.94	0.11	Subcrítico
0+375	1.47	0.035	369.84	370.88	1.04	0.29	5.03	0.10	Subcrítico
0+400	1.47	0.035	369.83	370.87	1.04	0.31	4.77	0.11	Subcrítico
0+425	1.47	0.035	369.82	370.87	1.05	0.30	4.97	0.11	Subcrítico
0+450	1.47	0.035	369.81	370.86	1.05	0.33	4.42	0.12	Subcrítico
0+475	1.47	0.035	369.80	370.86	1.06	0.31	4.72	0.11	Subcrítico
0+500	1.47	0.035	369.78	370.86	1.08	0.26	5.56	0.09	Subcrítico
0+525	1.47	0.035	369.77	370.85	1.08	0.32	4.57	0.11	Subcrítico
0+550	1.47	0.035	369.76	370.85	1.09	0.29	5.10	0.10	Subcrítico
0+575	1.47	0.035	369.75	370.84	1.09	0.27	5.42	0.09	Subcrítico
0+600	1.47	0.035	369.74	370.84	1.10	0.31	4.69	0.11	Subcrítico
0+625	1.47	0.035	369.73	370.83	1.10	0.27	5.50	0.09	Subcrítico
0+650	1.47	0.035	369.72	370.83	1.11	0.30	4.84	0.10	Subcrítico
0+675	1.47	0.035	369.71	370.83	1.12	0.31	4.87	0.11	Subcrítico
0+698.39	1.47	0.035	369.70	370.81	1.11	0.44	3.34	0.13	Subcrítico

Fuente: *Elaboración propia*

Aquí se aprecia que los tirantes varían entre 0.98 a 1.12 m. Las velocidades, según este reporte, se encuentran entre 0.26 y 0.50.

Según Krochin (Diseño Hidráulico, 1978), la velocidad máxima permisible para canales de tierra sin revestir, de arcillas consistentes muy coloidales o limo aluvial coloidal, estarían en un rango de 1.13 a 1.50.

Tabla 12. Velocidades máximas permisibles en canales

MATERIAL DE LA CAJA DEL CANAL	"n" Manning	Velocidad (m/s)		
		Agua limpia	Agua con partículas coloidales	Agua transportando arena, grava o fragmentos
Arena fina coloidal	0.020	1.45	0.75	0.45
Franco arenoso no coloidal	0.020	0.53	0.75	0.60
Franco limoso no coloidal	0.020	0.60	0.90	0.60
Limos aluviales no coloidales	0.020	0.60	1.05	0.60
Franco consistente normal	0.020	0.75	1.05	0.68
Ceniza volcánica	0.020	0.75	1.05	0.60
Arcilla consistente muy coloidal	0.025	1.13	1.50	0.90
Limo aluvial coloidal	0.025	1.13	1.50	0.90
Pizarra y capas duras	0.025	1.80	1.80	1.50
Grava fina	0.020	0.75	1.50	1.13
Suelo franco clasificado no coloidal	0.030	1.13	1.50	0.90
Suelo franco clasificado coloidal	0.030	1.20	1.65	1.50
Grava gruesa no coloidal	0.025	1.20	1.80	1.95
Gravas y guijarros	0.035	1.80	1.80	1.50

Fuente: (ANA, 2010)

Según Fortier y Scobey (repositorio.pucp.edu.pe, 1926), en canales de arcillas dura coloidal o limo aluvial coloidal, las velocidades máximas permisibles están en un rango de 1.14 a 1.52.

Tabla 13. Máximas Velocidades medias según Fortier y Scobey

Material	n	Agua clara		Agua con limo coloidal	
		V m/sg	τ_0 N/m ²	V m/sg	τ_0 N/m ²
Arena fina, coloidal	0,020	0,46	1,30	0,76	3,60
Greda arenosa, no coloidal	0,020	0,53	1,77	0,76	3,60
Greda limosa, no coloidal	0,020	0,61	2,30	0,91	5,28
Limo aluvial, no coloidal	0,020	0,61	2,30	1,07	7,20
Greda común firme	0,020	0,76	3,60	1,07	7,20
Ceniza volcánica	0,020	0,76	3,60	1,07	7,20
Arcilla dura muy coloidal	0,025	1,14	12,47	1,52	22,07
Limo aluvial, coloidal	0,025	1,14	12,47	1,52	22,07
Arcilla esquistosa o capas duras	0,025	1,83	32,14	1,83	32,14
Grava fina	0,020	0,76	3,60	1,52	15,35
Greda graduada a cantos rodados	0,030	1,14	18,23	1,52	31,66
Limo graduado a cantos rodados	0,030	1,22	20,63	1,68	38,38
Grava gruesa	0,025	1,22	14,39	1,83	32,14
Cantos rodados y ripios	0,035	1,52	43,65	1,68	52,77

Fuente: Fortier y Scobey (repositorio.pucp.edu.pe, 1926)

Resumiendo:

- Según Krochin : $V = 1.13$ a 1.50 m/seg
- Según Fortier y Scobey : $V = 1.14$ a 1.52 m/seg
- Según resultados HEC-RAS : $V = 0.26$ a 0.50 m/seg

De acuerdo a esto, todas las velocidades obtenidas en la modelación se encuentran por debajo de la máxima permisible.

Respecto a la velocidad mínima, para canales de tierra, según el Manual: “Criterios de diseños de Obras Hidráulicas para la formulación de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales y de Afianzamiento Hídrico” (ANA, 2010), se recomienda una velocidad apropiada de 0.80 m/seg para evitar el crecimiento de plantas. Al reportarse velocidades menores a este rango se confirma que uno de los motivos de la abundante vegetación en el canal actual, precisamente son las bajas velocidades.

Definitivamente si se analiza el canal en condiciones actuales para un caudal de 5 m³/seg, el desbordamiento será generalizado en todo el canal, por lo tanto, estaría demás modelar para caudales de 2 m³ y 5 m³. Ya que actualmente el canal solo está funcionando con el 29.4% de su capacidad, es necesario realizar un planteamiento para una sección de máxima eficiencia hidráulica.

4.4. Propuesta para mejoramiento del canal actual

En vista de que se trata de un tramo urbano que colinda con calles y edificaciones en ambos lados, se propone mejorar el tramo en estudio reemplazándolo con una sección rectangular, por las siguientes razones:

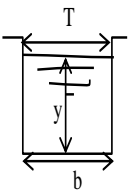
- La sección trapezoidal no sería conveniente porque requiere mayor espacio incluso para la limpieza.
- El canal rectangular de máxima eficiencia hidráulica permitirá reducir el área de la sección respecto a lo actual.
- Debe ser capaz de transportar la máxima cantidad de agua con el menor perímetro posible.

- El canal de sección rectangular es una solución que se viene aplicando en zonas agrícolas que con el tiempo se han convertido en urbanas.
- El canal rectangular de concreto permitirá mejorar el entorno urbano al evitar la acumulación de abundante vegetación que desmejora el ornato.
- La rigidez del concreto permitirá mantener la pendiente actual para evitar excesivos movimientos de tierra.

4.4.1. Diseño bajo máxima eficiencia hidráulica

Según Chanson (biblioteca.unach.edu.ec, 2002), la sección rectangular de máxima eficiencia hidráulica debe cumplir con la geometría que le permita transportar la máxima cantidad de agua con el menor perímetro posible, recomendando las siguientes expresiones:

figura 55. Características hidráulicas de máxima eficiencia. Sección rectangular

SECCION	AREA HIDRAULICA (Ah)	PERIMETRO MOJADO (Pm)	RADIO HIDRAULICO (Rh)	ESPEJO DEL AGUA (T)
	$Ah = by$	$Pm = b + 2y$	$Rh = \frac{Ah}{Pm}$	$T = b$

Fuente: (Chanson, 2002)

Para diseñar el canal rectangular se tendrán en cuenta las siguientes condiciones.

- Sección transversal : De máxima eficiencia hidráulica
- Revestimiento : Concreto
- Coeficiente de Manning : 0.014
- Caudal : 5.00 m³/seg
- Pendiente : 0.00043 m/m

Determinando el tirante de la sección con pendiente de: 0.00043 m/m

Utilizando el software Hcanales, para un caudal de 5.00 m³/seg y coeficiente de Manning n=0.014 (Concreto), se obtiene:

figura 56. Sección rectangular de máxima eficiencia hidráulica

Diseño para una sección trapezoidal de máxima eficiencia hidráulica

Lugar: Canal Casablanca Proyecto: Propuesta de mejoramiento
Tramo: Tramo urbano Revestimiento: Concreto

Datos:
Caudal (Q): 5 m³/s
Talud (Z): 0
Rugosidad (n): .014
Pendiente (S): .00043 m/m

Resultados:
Tirante (y): 1.4471 m Ancho de solera (b): 2.8943 m
Perímetro (p): 5.7885 m Área hidráulica (A): 4.1884 m²
Radio hidráulico (R): 0.7236 m Espejo de agua (T): 2.8943 m
Velocidad (v): 1.1938 m/s Número de Froude (F): 0.3168
Energía específica (E): 1.5198 m-Kg/Kg Tipo de flujo: Subcrítico

Fuente: Elaboración propia

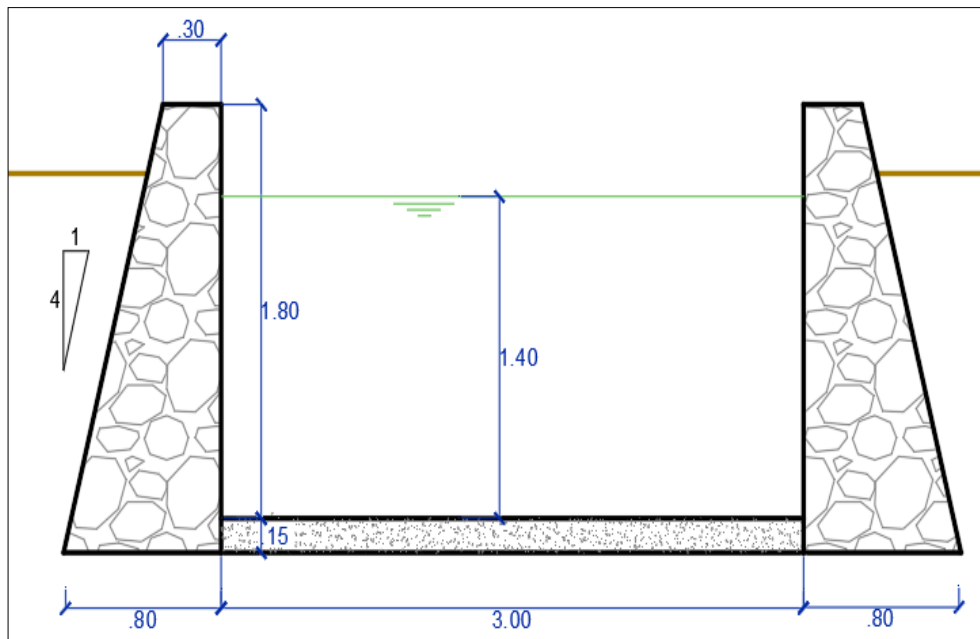
Determinando las medidas de la sección transversal.

Con los resultados obtenidos según la figura anterior se tiene:

- Tirante: $y = 1.447 \text{ m} \approx 1.45 \text{ m}$
- Ancho de solera: $b = 2.89 \text{ m} \approx 3.00 \text{ m}$ (por proceso constructivo)
- Área hidráulica: $b \times y = 3.00 \times 1.45 = 4.35 \text{ m}^2$
- Perímetro mojado: $b + 2y = 3.00 + 2 \times 1.45 = 5.90 \text{ m}$
- Radio hidráulico: $R = 4.35/5.90 = 0.74 \text{ m}$
- Ancho superficial: $T = b = 3.00 \text{ m}$
- Borde libre: $BL = 0.30 \text{ m}$ (Según Tabla 3)
- Altura total del canal: $H = y + BL = 1.45 + 0.30 = 1.75 \text{ m} \approx 1.80 \text{ m}$

Finalmente, la sección transversal resultante es:

figura 57. Sección rectangular propuesta

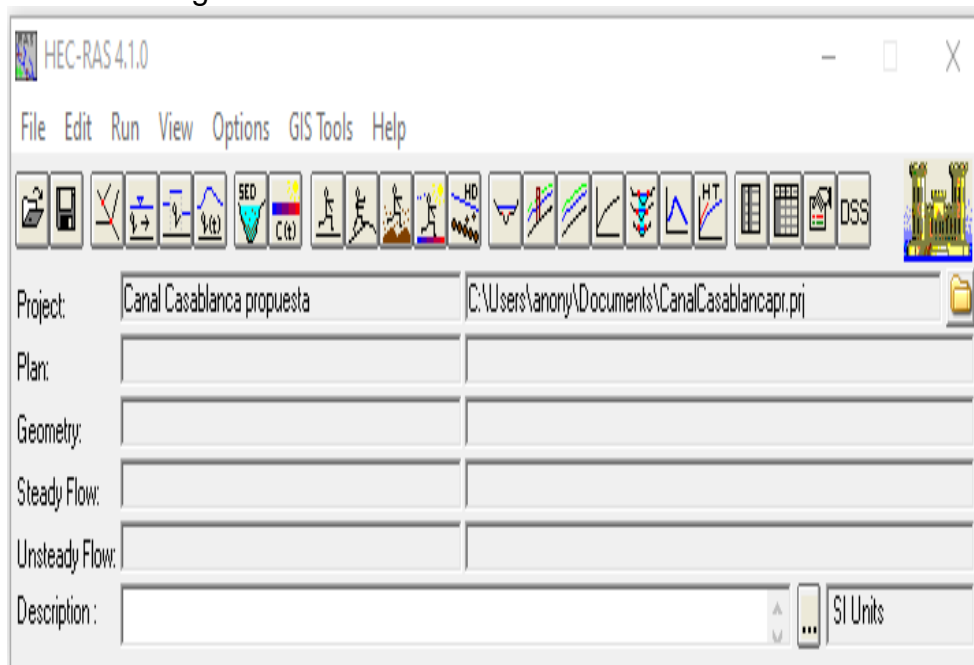


Fuente: Elaboración propia

4.4.2. Modelación hidráulica del canal propuesto: método del flujo bajo y alto

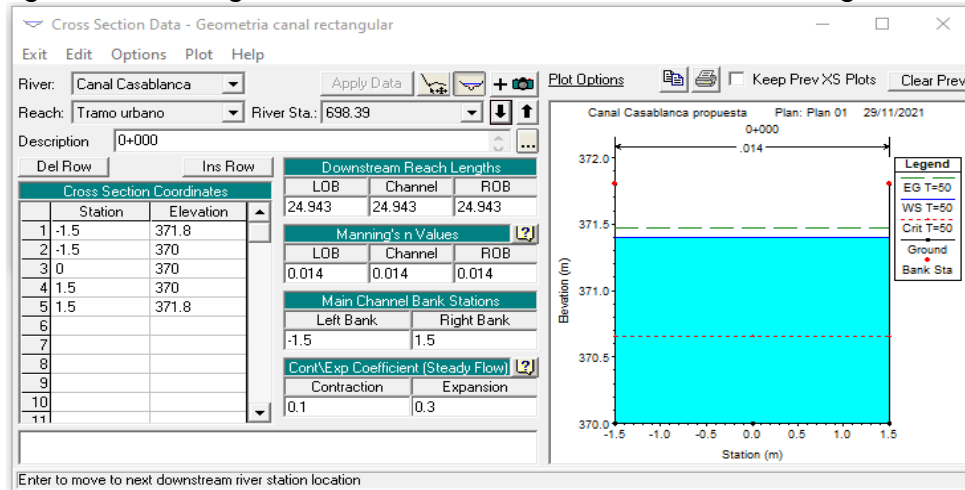
Se simulará la propuesta definida en el ítem anterior:

figura 58. Creando el nuevo proyecto con la propuesta de canal rectangular



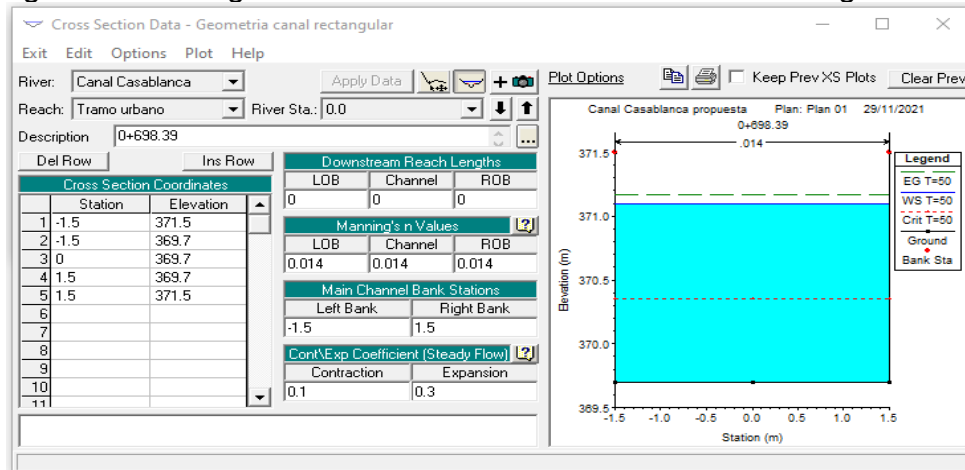
Fuente: Elaboración propia

figura 59. Ingreso de coordenadas de la sección rectangular de inicio



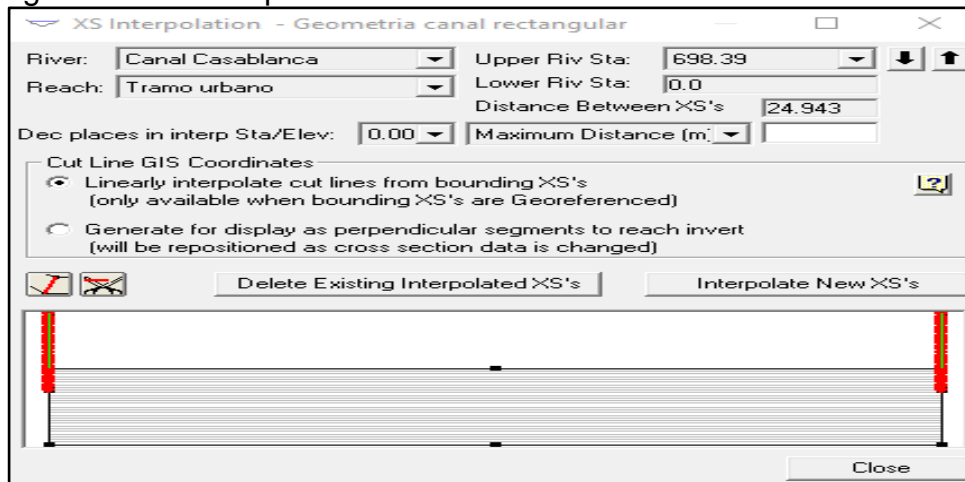
Fuente: Elaboración propia

figura 60. Ingreso de coordenadas de la sección rectangular final



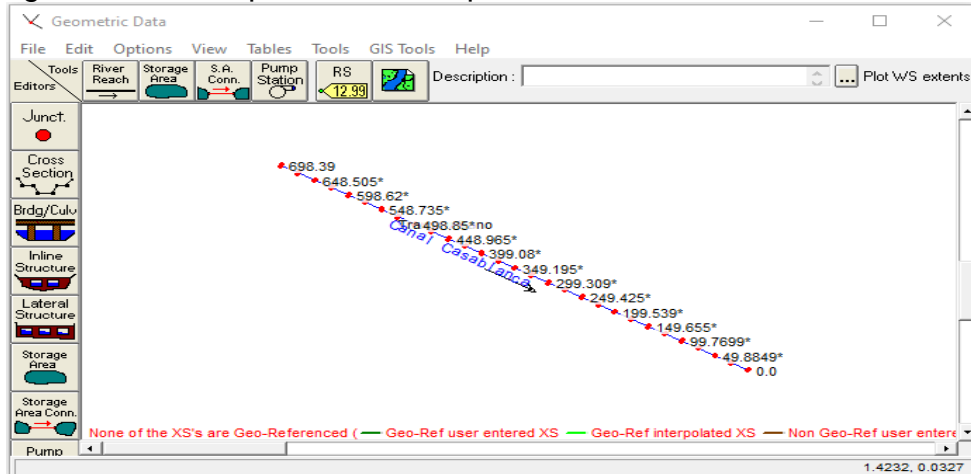
Fuente: Elaboración propia

figura 61. Interpolación de secciones



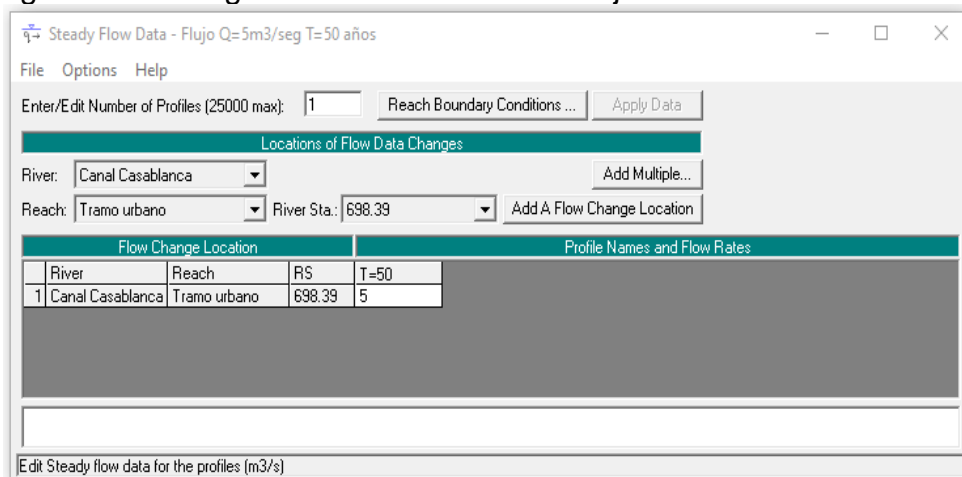
Fuente: Elaboración propia

figura 62. Esquema con interpolación de secciones



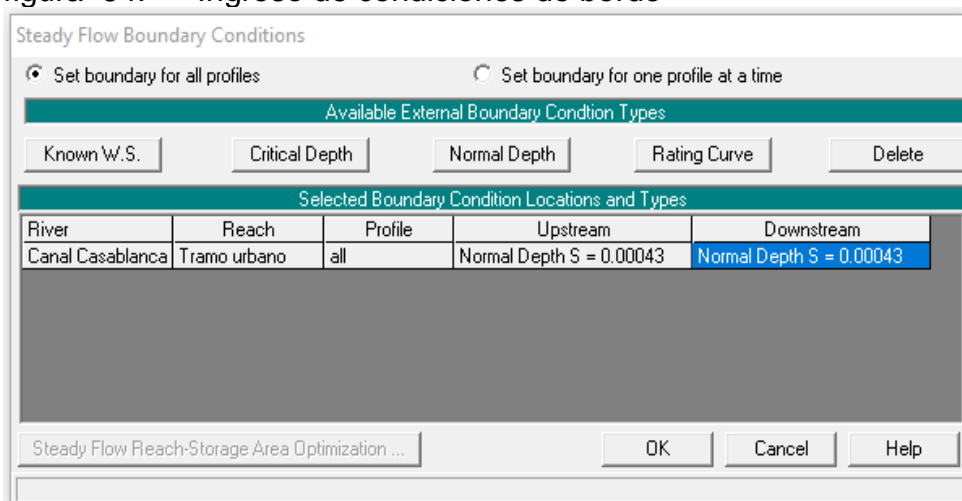
Fuente: Elaboración propia

figura 63. Ingreso de condiciones de flujo



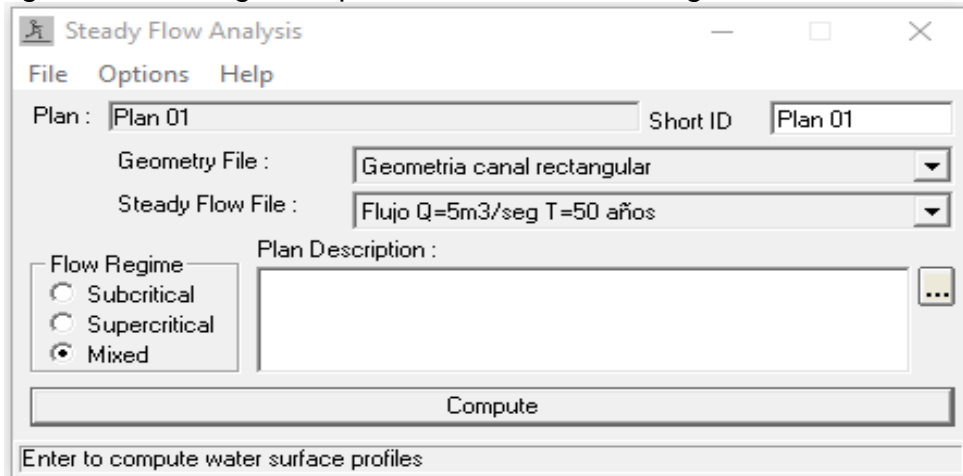
Fuente: Elaboración propia

figura 64. Ingreso de condiciones de borde



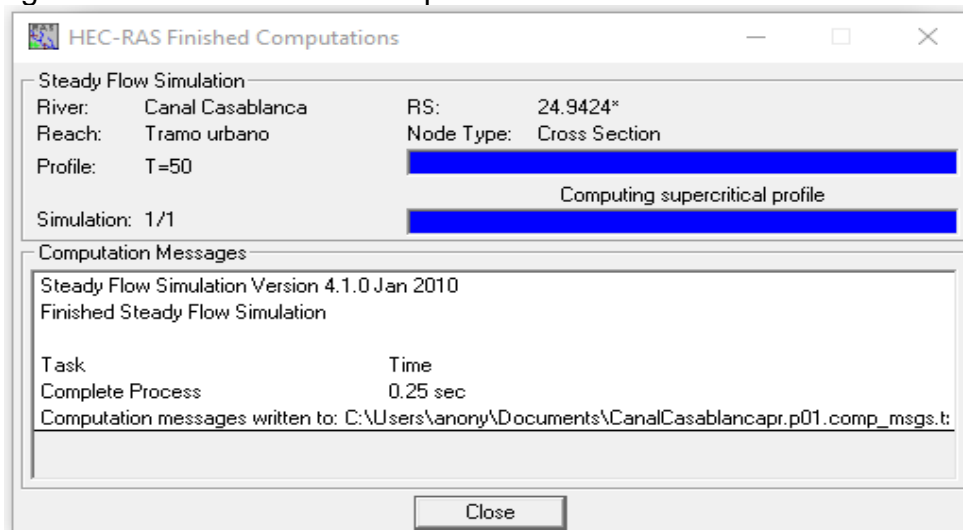
Fuente: Elaboración propia

figura 65. Eligiendo plan de simulación en régimen mixto



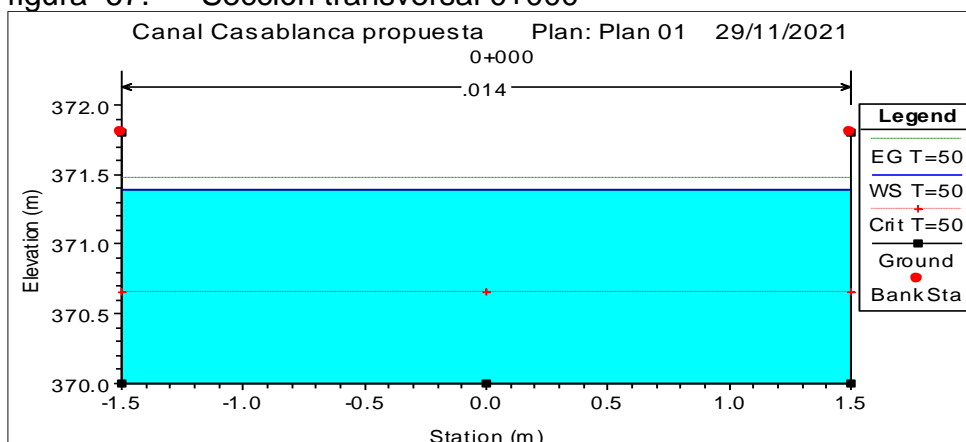
Fuente: Elaboración propia

figura 66. Simulación completada



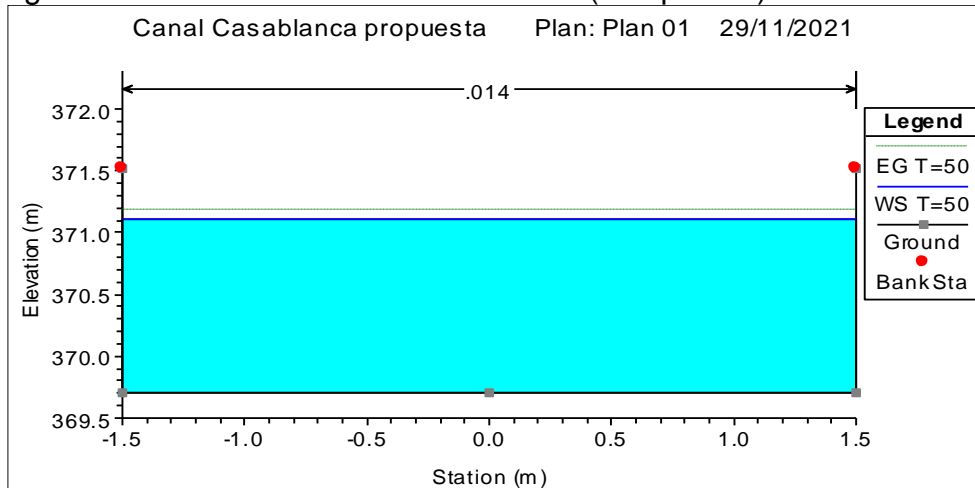
Fuente: Elaboración propia

figura 67. Sección transversal 0+000



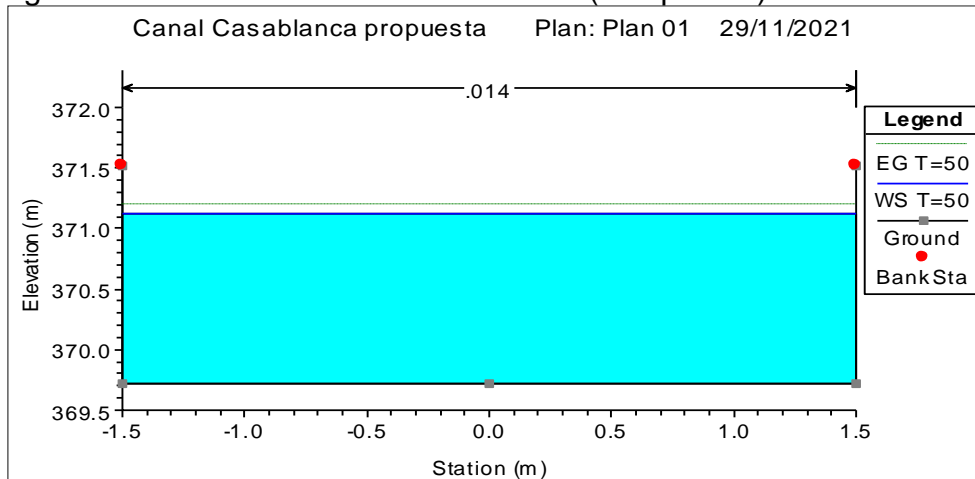
Fuente: Elaboración propia

figura 68. Sección transversal 0+025 (interpolada)



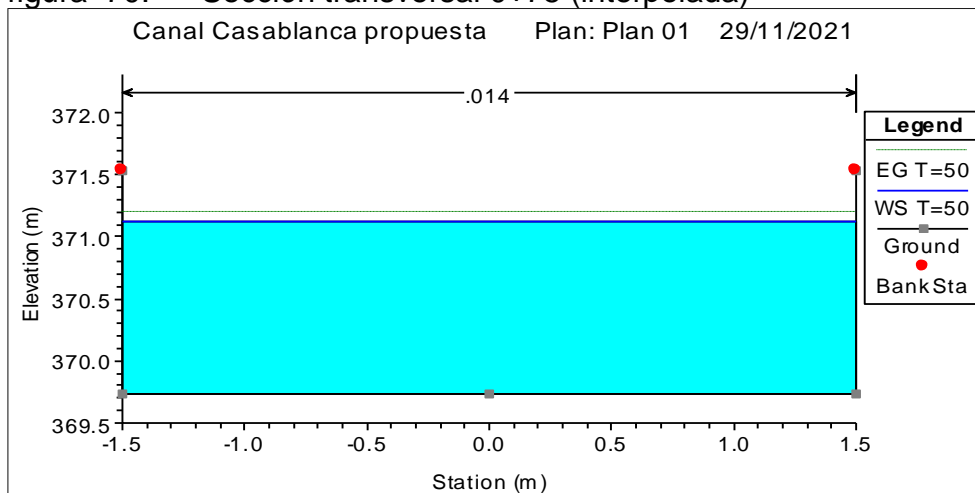
Fuente: Elaboración propia

figura 69. Sección transversal 0+050 (interpolada)



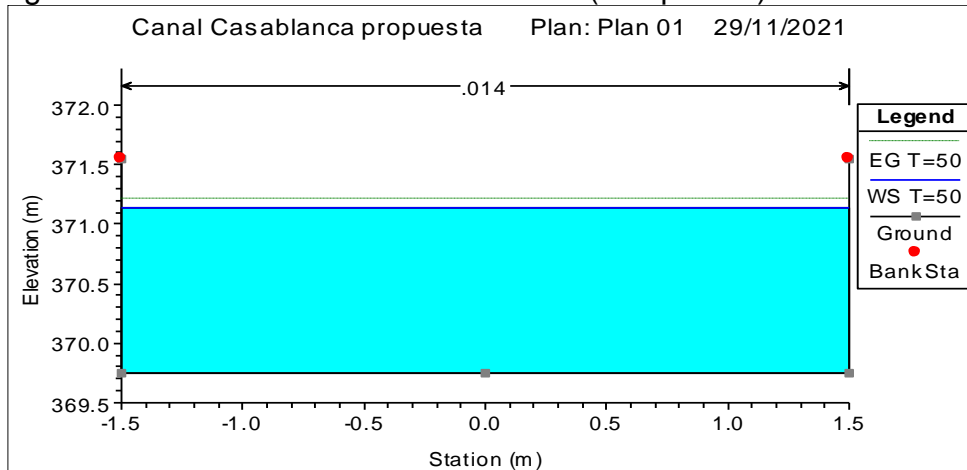
Fuente: Elaboración propia

figura 70. Sección transversal 0+75 (interpolada)



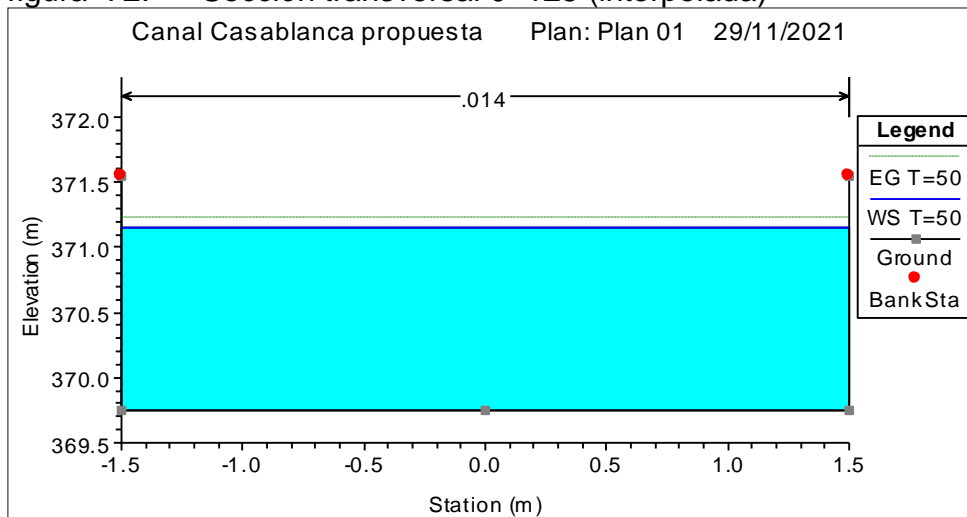
Fuente: Elaboración propia

figura 71. Sección transversal 0+100 (interpolada)



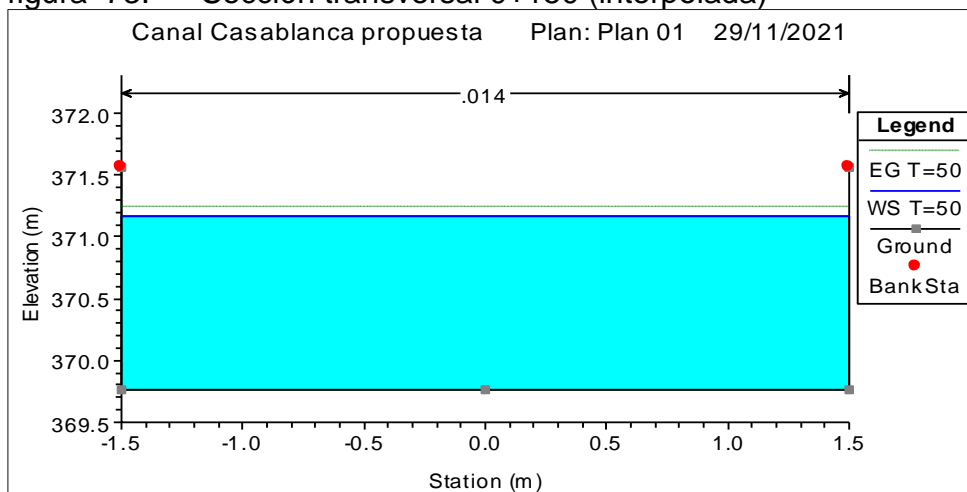
Fuente: Elaboración propia

figura 72. Sección transversal 0+125 (interpolada)



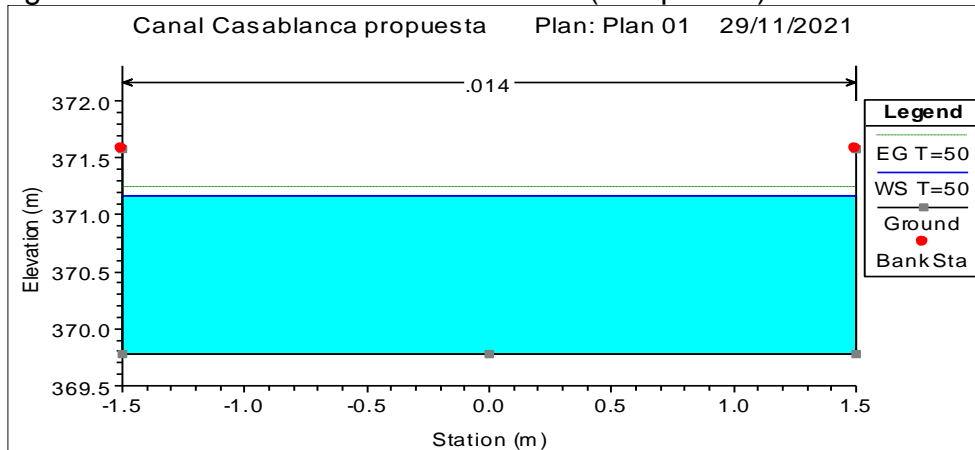
Fuente: Elaboración propia

figura 73. Sección transversal 0+150 (interpolada)



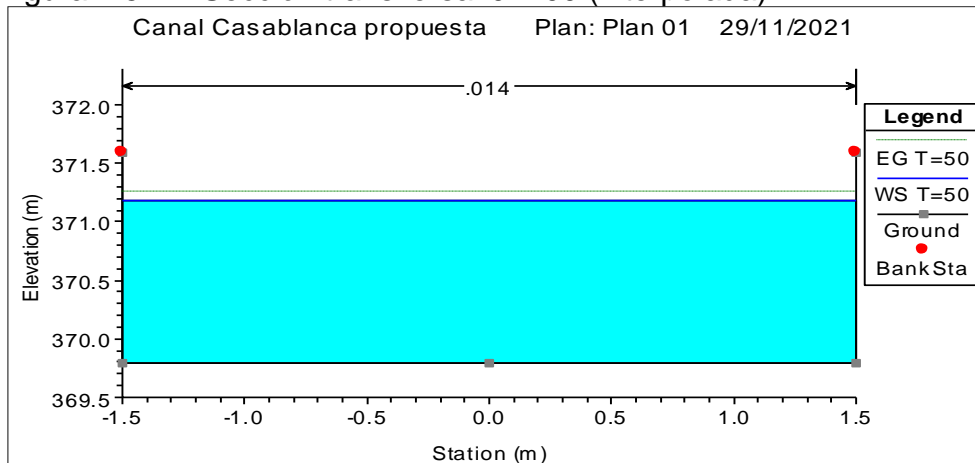
Fuente: Elaboración propia

figura 74. Sección transversal 0+175 (interpolada)



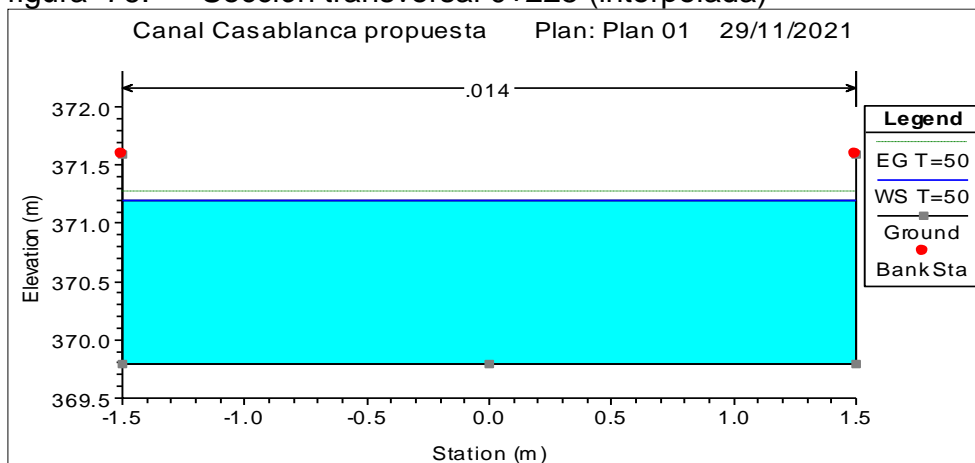
Fuente: Elaboración propia

figura 75. Sección transversal 0+200 (interpolada)



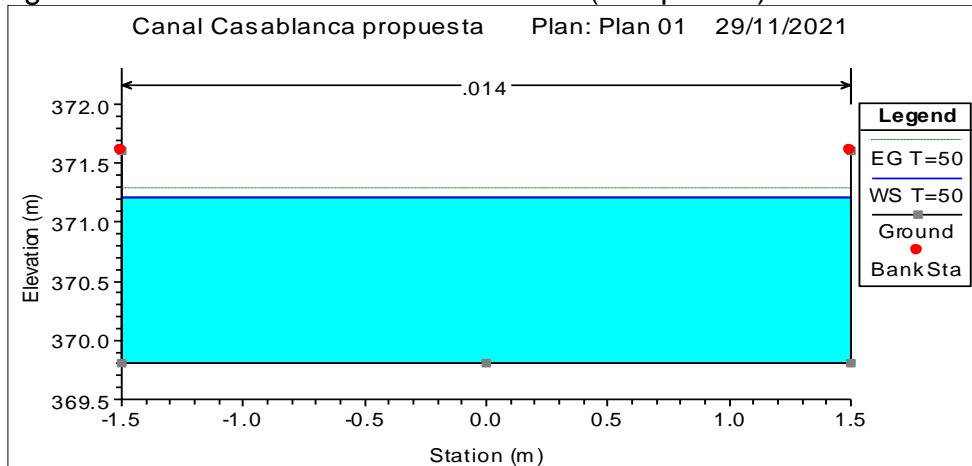
Fuente: Elaboración propia

figura 76. Sección transversal 0+225 (interpolada)



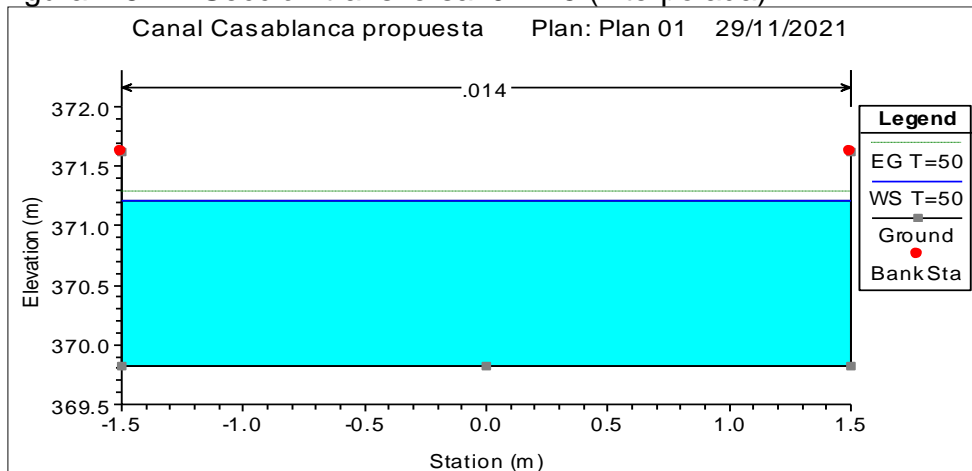
Fuente: Elaboración propia

figura 77. Sección transversal 0+250 (interpolada)



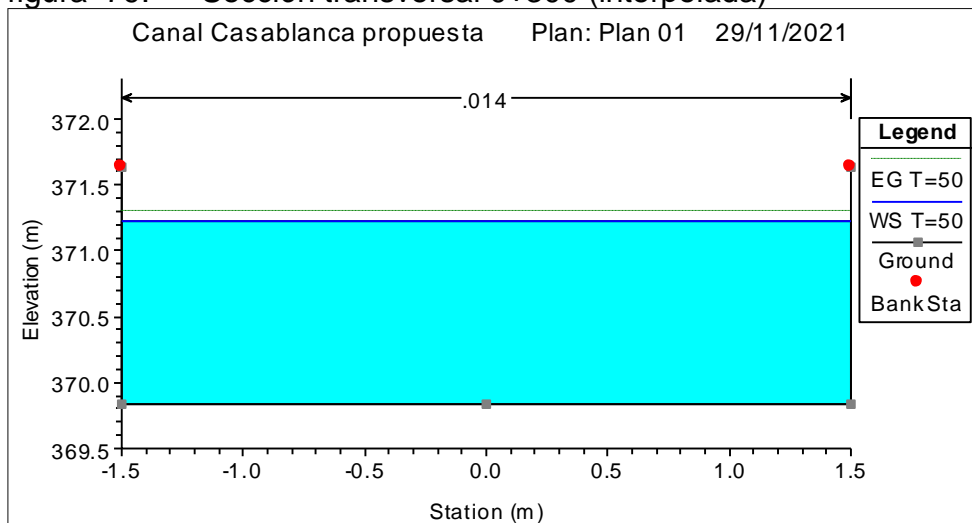
Fuente: Elaboración propia

figura 78. Sección transversal 0+275 (interpolada)



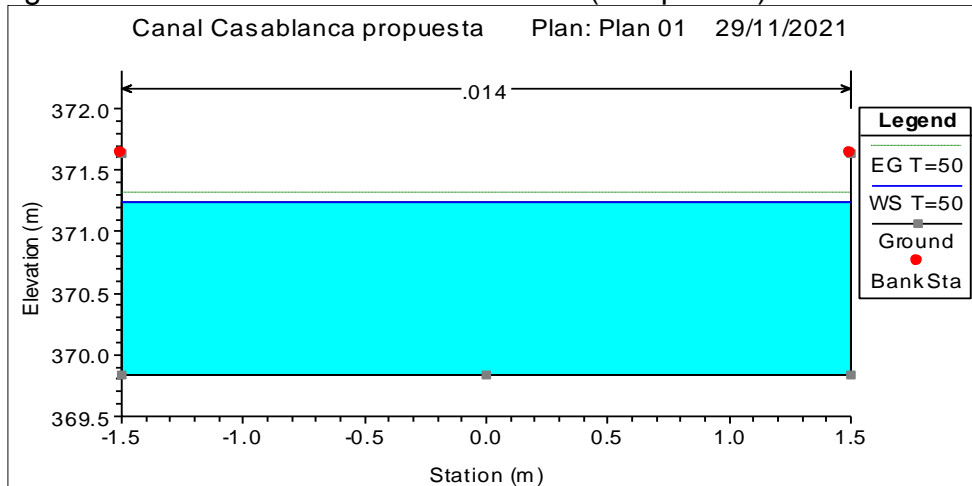
Fuente: Elaboración propia

figura 79. Sección transversal 0+300 (interpolada)



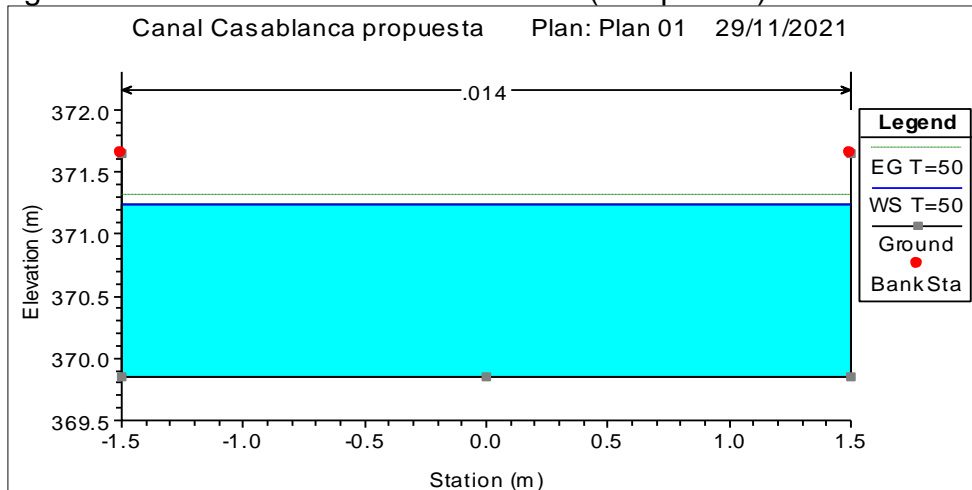
Fuente: Elaboración propia

figura 80. Sección transversal 0+325 (interpolada)



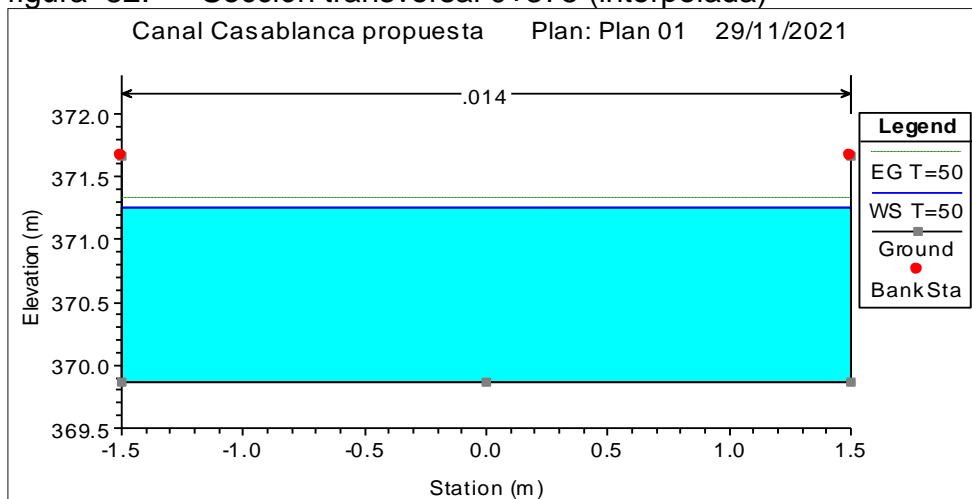
Fuente: Elaboración propia

figura 81. Sección transversal 0+350 (interpolada)



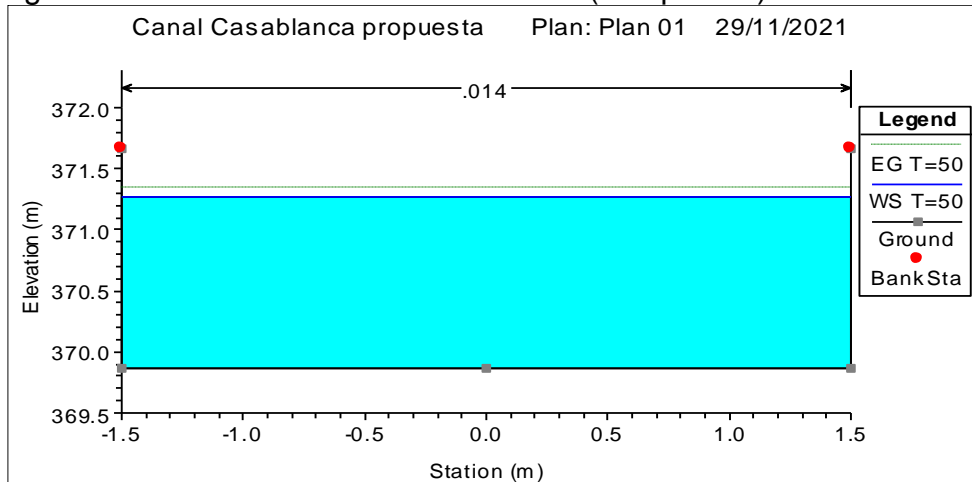
Fuente: Elaboración propia

figura 82. Sección transversal 0+375 (interpolada)



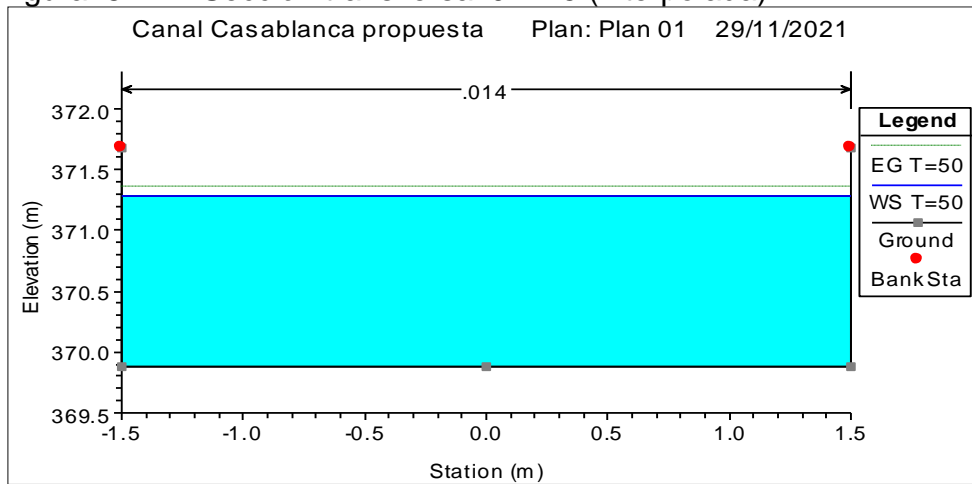
Fuente: Elaboración propia

figura 83. Sección transversal 0+400 (interpolada)



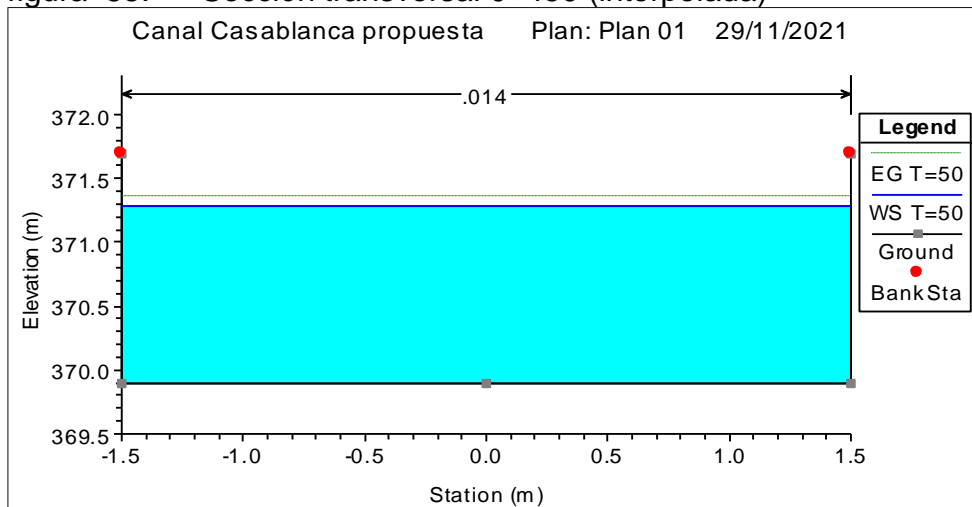
Fuente: Elaboración propia

figura 84. Sección transversal 0+425 (interpolada)



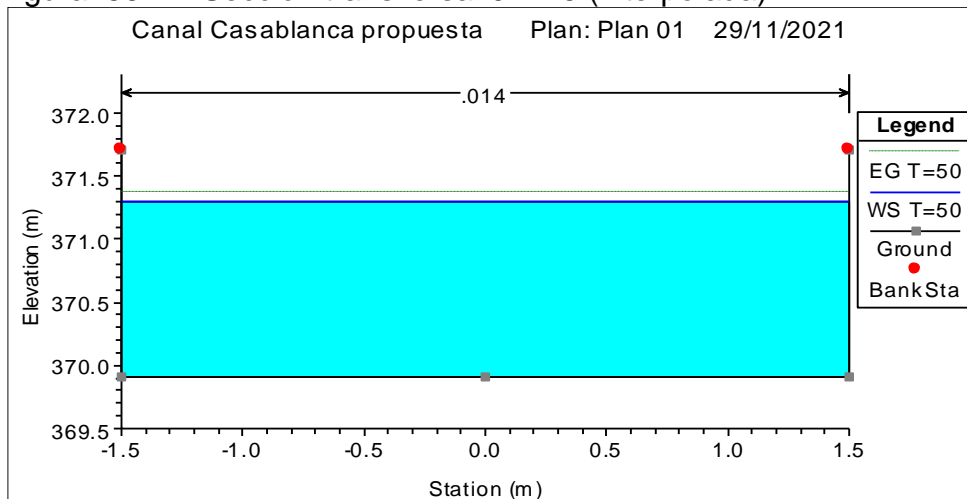
Fuente: Elaboración propia

figura 85. Sección transversal 0+450 (interpolada)



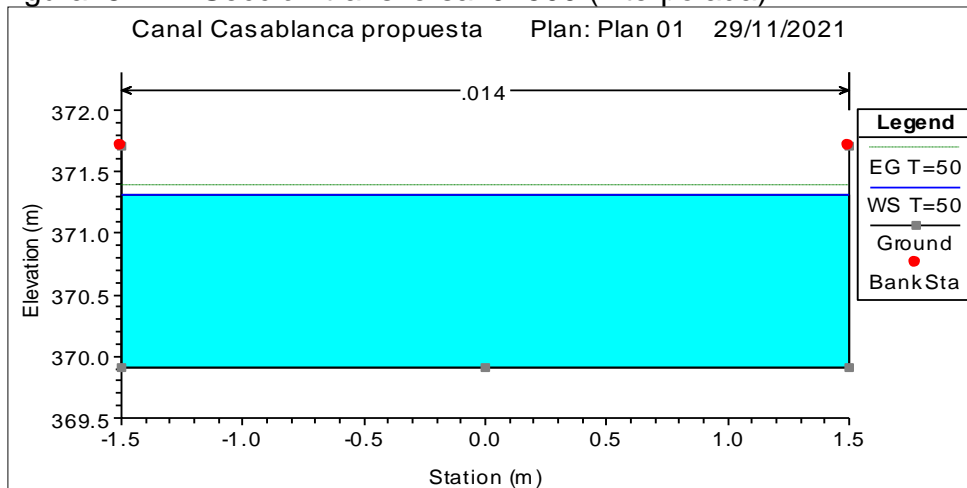
Fuente: Elaboración propia

figura 86. Sección transversal 0+475 (interpolada)



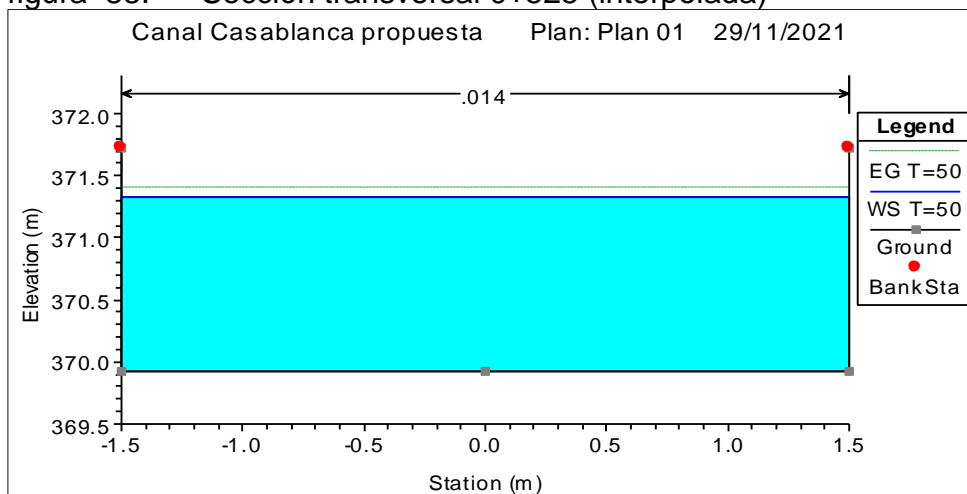
Fuente: Elaboración propia

figura 87. Sección transversal 0+500 (interpolada)



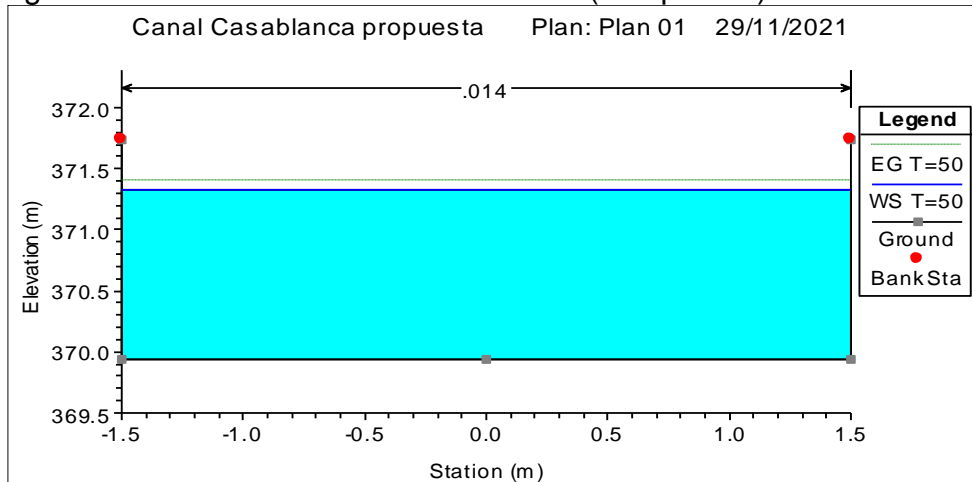
Fuente: Elaboración propia

figura 88. Sección transversal 0+525 (interpolada)



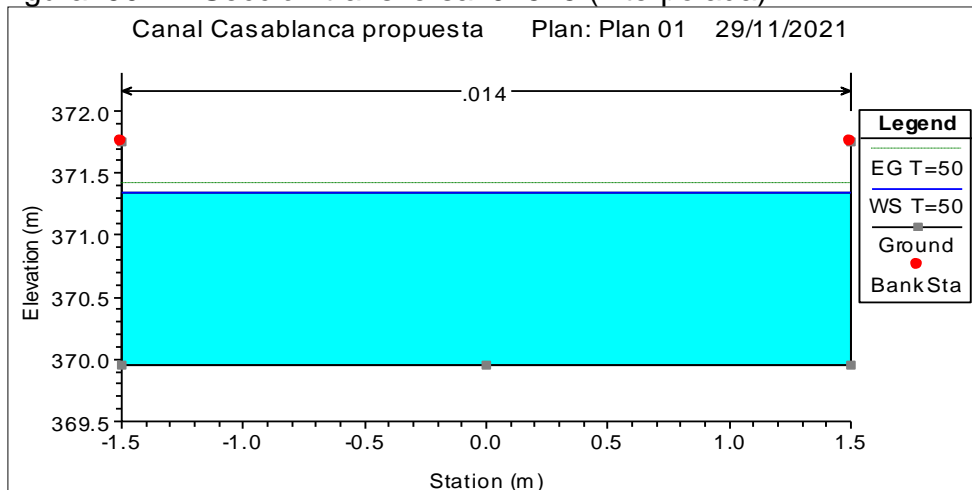
Fuente: Elaboración propia

figura 89. Sección transversal 0+550 (interpolada)



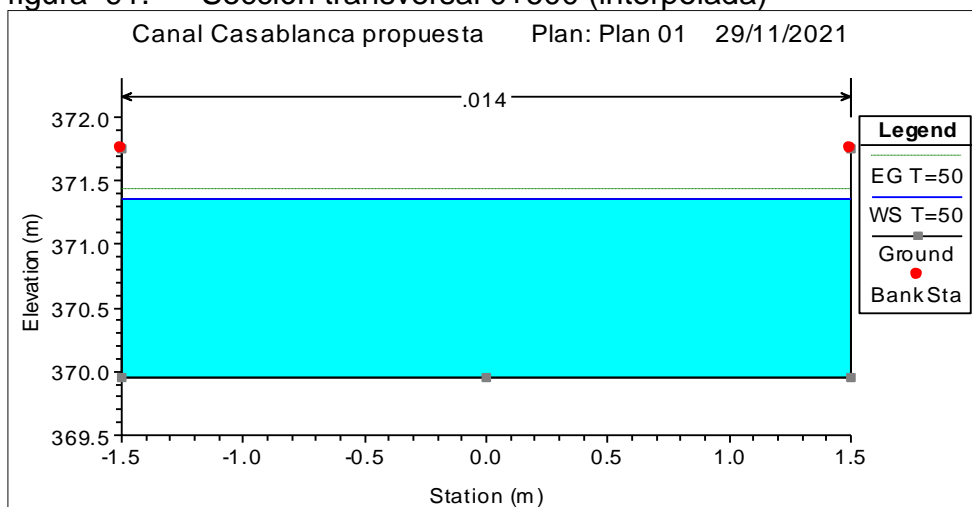
Fuente: Elaboración propia

figura 90. Sección transversal 0+575 (interpolada)



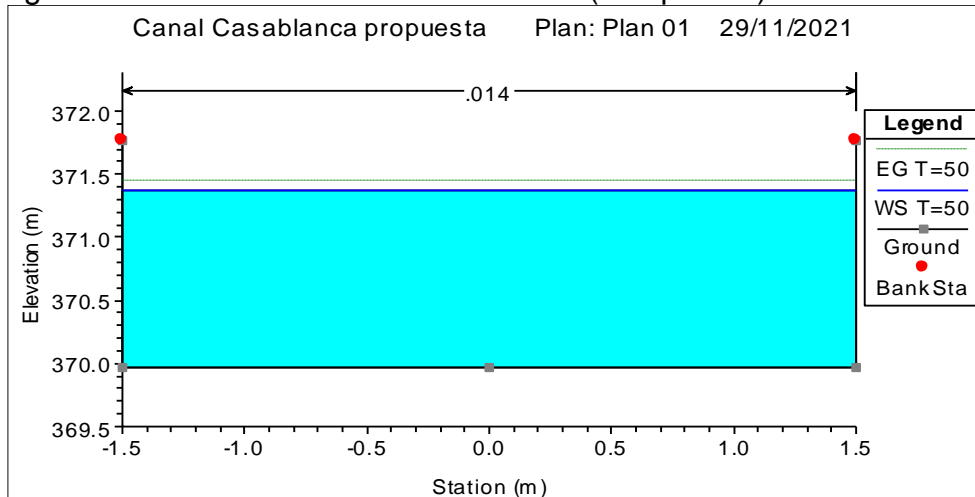
Fuente: Elaboración propia

figura 91. Sección transversal 0+600 (interpolada)



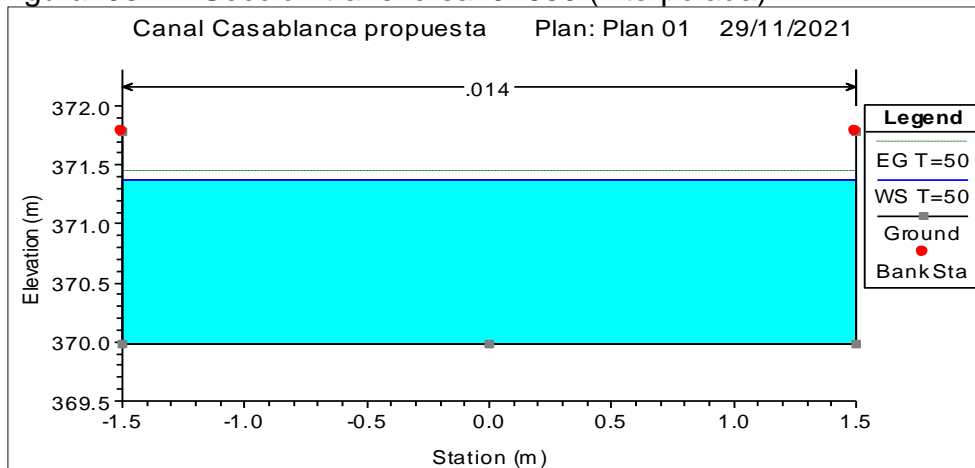
Fuente: Elaboración propia

figura 92. Sección transversal 0+625 (interpolada)



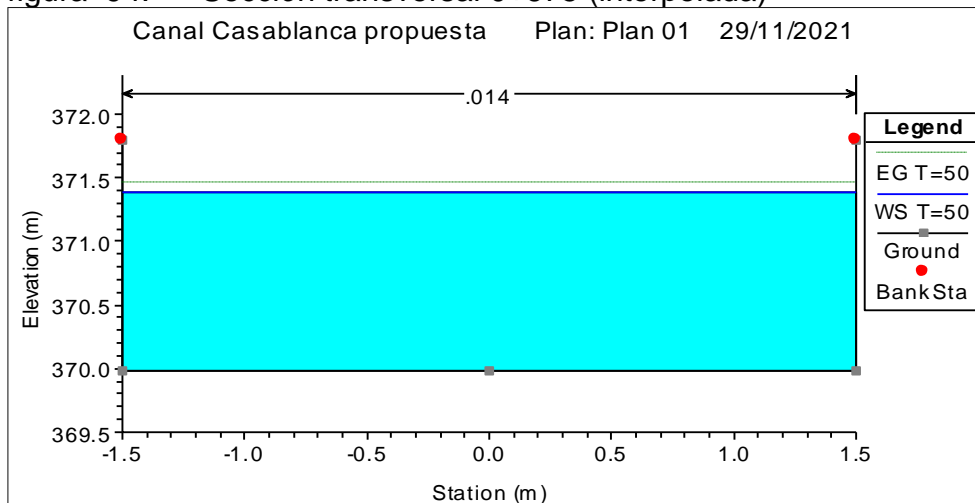
Fuente: Elaboración propia

figura 93. Sección transversal 0+650 (interpolada)



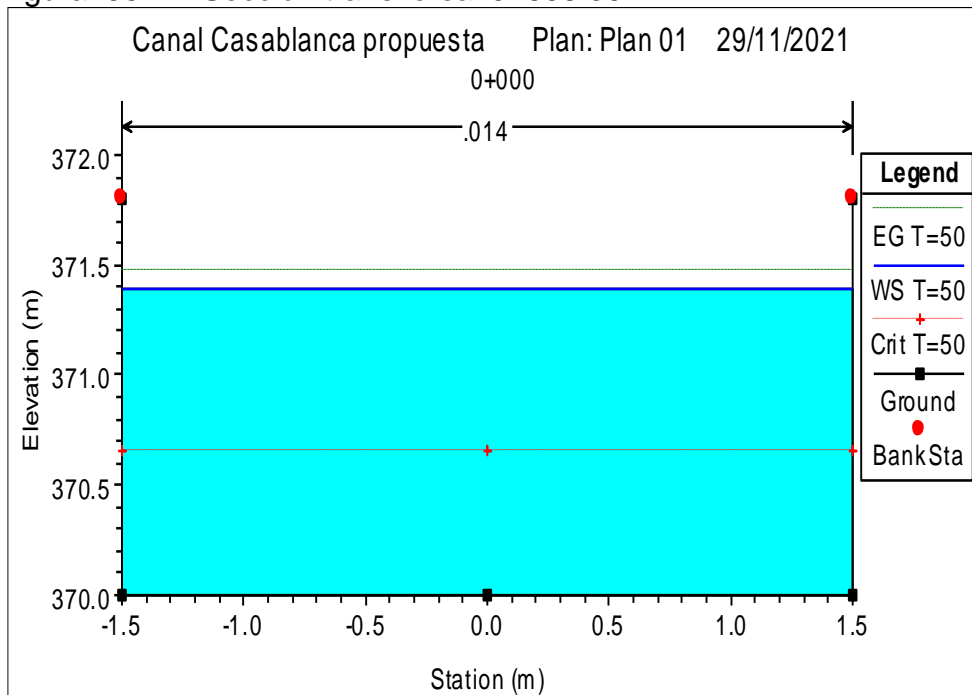
Fuente: Elaboración propia

figura 94. Sección transversal 0+675 (interpolada)



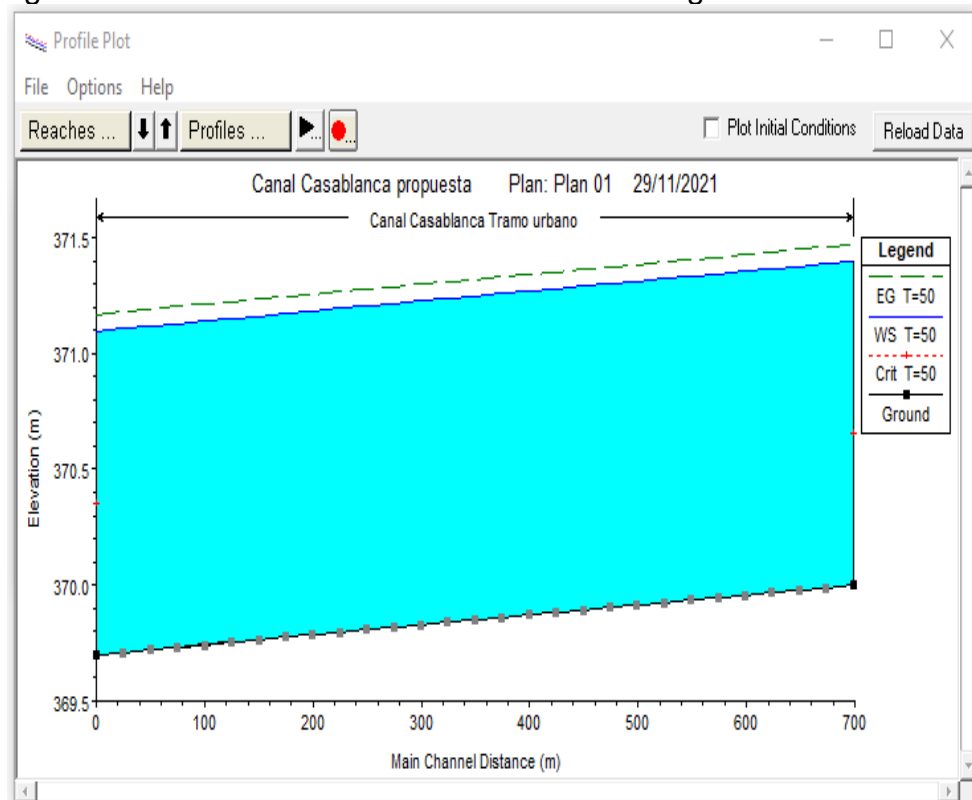
Fuente: Elaboración propia

figura 95. Sección transversal 0+698.39



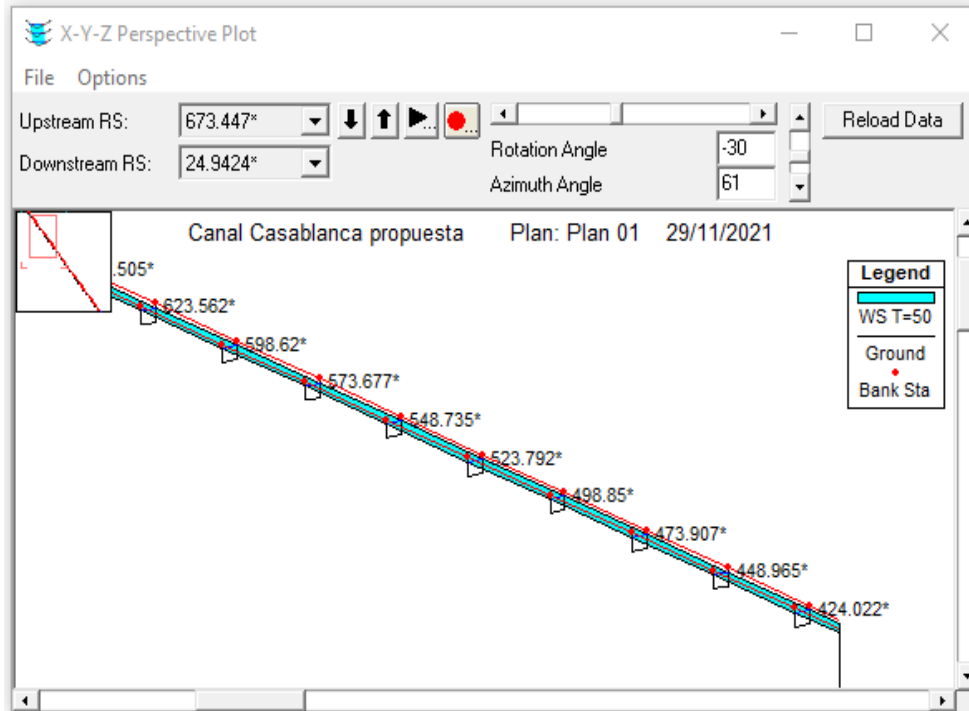
Fuente: Elaboración propia

figura 96. Perfil del canal con sección rectangular



Fuente: Elaboración propia

figura 97. Perfil del canal con sección rectangular



Fuente: Elaboración propia

figura 98. Tabla de salida de datos de la modelación con canal rectangular

Profile Output Table - Standard Table 1

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Canal Casablanca Reach: Tramo urbano Profile: T=50

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow (n)
Tramo urbano	698.39	T=50	5.00	370.00	371.40	370.65	371.47	0.000429	1.19	
Tramo urbano	673.447*	T=50	5.00	369.99	371.39		371.46	0.000429	1.19	
Tramo urbano	648.505*	T=50	5.00	369.98	371.38		371.45	0.000430	1.19	
Tramo urbano	623.562*	T=50	5.00	369.97	371.37		371.44	0.000430	1.19	
Tramo urbano	598.62*	T=50	5.00	369.96	371.35		371.43	0.000429	1.19	
Tramo urbano	573.677*	T=50	5.00	369.95	371.34		371.42	0.000429	1.19	
Tramo urbano	548.735*	T=50	5.00	369.94	371.33		371.41	0.000430	1.19	
Tramo urbano	523.792*	T=50	5.00	369.93	371.32		371.39	0.000430	1.19	
Tramo urbano	498.85*	T=50	5.00	369.91	371.31		371.38	0.000429	1.19	
Tramo urbano	473.907*	T=50	5.00	369.90	371.30		371.37	0.000430	1.19	
Tramo urbano	448.965*	T=50	5.00	369.89	371.29		371.36	0.000430	1.19	
Tramo urbano	424.022*	T=50	5.00	369.88	371.28		371.35	0.000430	1.19	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Tabla de resultados del canal rectangular de concreto en Hec-Ras.

Prog.	Q (m ³ /s)	n	Cota fondo (m)	Cota espejo (m)	Tirante (m)	Velocidad (m/seg)	Área de flujo (m ²)	o. Froude	Tipo de flujo
0+698.39	5.00	0.01	370.00	371.40	1.40	1.19	4.19	0.32	Subcrítico
0+673.447*	5.00	0.01	369.99	371.39	1.40	1.19	4.19	0.32	Subcrítico
0+648.505*	5.00	0.01	369.98	371.38	1.40	1.19	4.19	0.32	Subcrítico
0+623.562*	5.00	0.01	369.97	371.37	1.40	1.19	4.19	0.32	Subcrítico
0+598.62*	5.00	0.01	369.96	371.35	1.39	1.19	4.19	0.32	Subcrítico
0+573.677*	5.00	0.01	369.95	371.34	1.39	1.19	4.19	0.32	Subcrítico
0+548.735*	5.00	0.01	369.94	371.33	1.39	1.19	4.19	0.32	Subcrítico
0+523.792*	5.00	0.01	369.93	371.32	1.39	1.19	4.19	0.32	Subcrítico
0+498.85*	5.00	0.01	369.91	371.31	1.40	1.19	4.19	0.32	Subcrítico
0+473.907*	5.00	0.01	369.90	371.30	1.40	1.19	4.19	0.32	Subcrítico
0+448.965*	5.00	0.01	369.89	371.29	1.40	1.19	4.19	0.32	Subcrítico
0+424.022*	5.00	0.01	369.88	371.28	1.40	1.19	4.19	0.32	Subcrítico
0+399.08*	5.00	0.01	369.87	371.27	1.40	1.19	4.19	0.32	Subcrítico
0+374.137*	5.00	0.01	369.86	371.26	1.40	1.19	4.19	0.32	Subcrítico
0+349.195*	5.00	0.01	369.85	371.25	1.40	1.19	4.19	0.32	Subcrítico
0+324.252*	5.00	0.01	369.84	371.24	1.40	1.19	4.19	0.32	Subcrítico
0+299.309*	5.00	0.01	369.83	371.23	1.40	1.19	4.19	0.32	Subcrítico
0+274.367*	5.00	0.01	369.82	371.21	1.39	1.19	4.19	0.32	Subcrítico
0+249.425*	5.00	0.01	369.81	371.20	1.39	1.19	4.19	0.32	Subcrítico
0+224.482*	5.00	0.01	369.80	371.19	1.39	1.19	4.19	0.32	Subcrítico
0+199.539*	5.00	0.01	369.79	371.18	1.39	1.19	4.19	0.32	Subcrítico
0+174.597*	5.00	0.01	369.78	371.17	1.39	1.19	4.19	0.32	Subcrítico
0+149.655*	5.00	0.01	369.76	371.16	1.40	1.19	4.19	0.32	Subcrítico
0+124.712*	5.00	0.01	369.75	371.15	1.40	1.19	4.19	0.32	Subcrítico
0+99.7699*	5.00	0.01	369.74	371.14	1.40	1.19	4.19	0.32	Subcrítico
0+74.8274*	5.00	0.01	369.73	371.13	1.40	1.19	4.19	0.32	Subcrítico
0+49.8849*	5.00	0.01	369.72	371.12	1.40	1.19	4.19	0.32	Subcrítico
0+24.9424*	5.00	0.01	369.71	371.11	1.40	1.19	4.19	0.32	Subcrítico
0+000	5.00	0.01	369.70	371.10	1.40	1.19	4.19	0.32	Subcrítico

Fuente: *Elaboración propia*

De estos resultados se aprecia que los tirantes varían entre 1.39 y 1.40. Las velocidades se encuentran, en todo el tramo, en 1.19 m/seg, la cual no supera a la máxima permisible y tampoco está por debajo de la mínima. El flujo sigue siendo subcrítico al haberse mantenido la pendiente original del canal.

V. DISCUSIÓN

Análisis de las características geométricas y parámetros hidráulicos

Uno de los objetivos de la presente investigación, es determinar las características geométricas y parámetros hidráulicos de diseño actuales que no garantizan el funcionamiento óptimo del tramo urbano del canal de irrigación, para lo cual primero se realizaron estudios básicos de campo, de donde se obtuvo las características geométricas del canal existente mediante el proceso topográfico y características de flujo mediante la etapa de aforo del canal.

Del estudio topográfico se determinó que la sección promedio del canal existente se asemeja a una sección trapezoidal de 4.00 m de solera, talud 1:1.

Del aforo del canal se determinó que la velocidad media del canal es 0.41 m/seg y un tirante promedio de 0.75 m.

En campo se pudo observar la abundante vegetación en el interior del canal, para lo cual se estimó una rugosidad de 0.035. Asimismo, se observó un flujo laminar, no turbulento.

Con estos datos en el programa Hcanales se obtuvo el caudal de 1.47 m³/seg. Se pudo verificar la similitud de la velocidad observada en campo.

El tipo de flujo obtenido (subcrítico) comprobó lo observado en campo. Sin embargo, se comprobó también que la capacidad de conducción del canal se ha reducido al 70.6% del total para lo cual fue diseñado (5.00 m³). Con una pérdida de 29.4%.

Modelación hidráulica con HEC-RAS 4.1.0 del canal existente

El siguiente objetivo de la investigación es realizar la modelación hidráulica del canal actual, para lo cual se utilizó el software Hec-Ras, para conocer el comportamiento real del flujo.

Con las características geométricas y parámetros hidráulicos estimados para el objetivo anterior se pudo realizar la modelación que dio resultados que caracterizan el funcionamiento actual del canal.

Se verificó por ejemplo una situación de desborde que se presentó en la sección 0+175 (ver fig. 33), que corrobora lo observado en campo (ver fig. 8). Allí se aprecia que los pobladores han colocado sacos terreros para detener el desborde.

En todo el canal se han identificado 4 zonas de desborde en la progresivas 0+300, 0+550, 0+625 y 0+675. Además, se identificaron 3 puntos críticos que son pasibles de desborde frente a incrementos de caudal, como son las secciones en las progresivas: 0+175, 0+350 y 0+575.

figura 99. Zona de desborde



Fuente: Elaboración propia

La tabla de resultados de la modelación con HEC-RAS 4.1.0, muestra una velocidad máxima de 0.50 m/seg. En relación a los rangos recomendados para velocidades máximas permisibles según Krochin, Fortier y Scobey, no exceden a la máxima que se encuentra entre 1.13 a 1.52 m/seg. En consecuencia, no se está produciendo erosión. Sin embargo, respecto a la velocidad mínima, se ha registrado 0.26 m/seg. Jiménez (La eficiencia de conducción en el Canal Troncal tramo no revestido progresiva 5+400 - 5+900; tramo revestido progresiva 17+006 -17+506 -

caso Comisión de Usuarios margen izquierda del Río Tumbes 2017, 2017) manifiesta: [...] La velocidad demasiado baja produce el depósito de los sedimentos, disminuyendo la sección del canal y a veces azolvándolo por completo. La corrección de estos defectos es costosa y por eso desde hace mucho tiempo se ha estudiado la forma de crear un canal estable. Por definición un canal estable, es aquel en el que no se presenta ni erosión ni sedimentación (asolvamiento).

La guía de la Autoridad Nacional del Agua (ana.gob.pe, 2010) recomienda: [...] La velocidad mínima permisible es aquella velocidad que no permite sedimentación, este valor es muy variable y no puede ser determinado con exactitud, cuando el agua fluye sin limo este valor carece de importancia, pero la baja velocidad favorece el crecimiento de las plantas, en canales de tierra. 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.

Marín *et al.* (Diseño y Construcción de un Canal Hidráulico de Pendiente Variable para uso didáctico e investigación, 2012), sostiene al respecto. Esta es la menor velocidad que no permite el inicio de sedimentos y que impide el crecimiento de musgo o de plantas acuáticas. Este valor es no es encontrado con facilidad, además de ser un valor incierto. Para aguas que no tengan limos o para flujos previamente decantados, este factor es prácticamente despreciable, excepto por su efecto en el crecimiento de plantas. En general se recomiendan adoptar una velocidad media de 2 a 3 pies/s.

figura 100. Flujo laminar, no turbulento.



Fuente: Elaboración propia

Resumiendo:

- Según ANA (ana.gob.pe, 2010): 0.8 m/seg
- Según Marín: 2 a 3 pie/seg = 0.61 a 0.91m/seg
- Hec Ras 4.1.0 = 0.26 m/seg

Con lo cual se verifica que si hay sedimentación; lo que ha venido provocando la colmatación y como consecuencia de ello la reducción de su capacidad de conducción.

En general, las bajas velocidades, al favorecer la sedimentación del canal también favorece la infiltración y deformación del canal, lo cual determina una falta de control de las variables hidráulicas, principalmente el tirante, la pendiente y la rugosidad.

Evaluación de una sección propuesta con máxima eficiencia hidráulica

El siguiente objetivo de la investigación es evaluar una sección de máxima eficiencia hidráulica para mejorar la situación actual del tramo urbano del canal. Por lo tanto, se procedió a la modificación de la sección transversal a una forma

rectangular con revestimiento de concreto, respetando el alineamiento del eje y pendiente del canal.

Las dimensiones a modelar son de máxima eficiencia hidráulica obtenidas mediante el uso del software Hcanales, del cual se obtuvo un tirante de 1.45 m con una velocidad de 1.19 m/seg y un ancho de solera de 3.00 m (ver fig.59), siendo el tipo de flujo subcrítico, todo lo cual se corroboró mediante la modelación con HEC-RAS 4.1.0.

Los resultados de la modelación evidenciaron un funcionamiento óptimo que se resumen en haberse obtenido un flujo subcrítico, para un caudal de 5.00 m³/seg. Se corroboró la uniformidad del tirante de 1.40 m en todo el canal y una velocidad de flujo permanente de 1.19 m/seg.

Comparada esta velocidad con los resultados de la modelación anterior bajo condiciones actuales vemos que es superada, 0.50 m/seg frente a 1.19 m/seg.

Esto es producido por la variación del coeficiente de rugosidad que pasa de 0.035 a 0.014.

Desde luego que esta última velocidad no excede a los límites recomendados por lo que no se producirá el deterioro del revestimiento de concreto. Asimismo, no existirá el problema de sedimentación porque esta misma velocidad no está por debajo del límite admisible para que se produzca el azolvamiento.

Contrastación de Hipótesis

Contrastación de Hipótesis Específica 1

Las características geométricas y parámetros hidráulicos del canal no garantizan el funcionamiento óptimo del tramo urbano.

Contrastación:

La hipótesis planteada es afirmativa, puesto que la evaluación topográfica y aforos sirvieron para verificar las condiciones físicas del canal y sus parámetros hidráulicos que a simple vista muestran secciones transversales deformadas con

ensanchamientos y estrangulamientos en algunos sectores, a tal punto que se han generado desbordes en diversos sectores; la colmatación en el fondo del canal que ha acortado el tirante del canal, la presencia de abundante vegetación donde se ha tenido que adoptar un coeficiente de rugosidad de 0.035 para determinar que la velocidad mínima del flujo es un factor generador de la sedimentación a lo largo del canal. Y como consecuencia de ello se evidencia una disminución del flujo original al 70.6%. Lo que demuestra que dichas características no garantizan un funcionamiento óptimo del canal.

Contrastación de Hipótesis Específica 2

La modelación hidráulica del canal actual con el software Hec-Ras permite conocer el comportamiento real del flujo

Contrastación:

Se afirma la hipótesis planteada ya que, a partir de las características geométricas y parámetros hidráulicos identificados se logró realizar la modelación del canal, cuyos resultados concuerdan y corroboran las observaciones de campo verificadas para la hipótesis específica 1, comprobando además la ineficiencia de su funcionamiento porque no puede conducir más de 1.47 m³/seg del caudal original de 5.00 m³/seg.

Contrastación de Hipótesis Específica 3

La evaluación de una sección de máxima eficiencia hidráulica propuesta, mejora el comportamiento del flujo en el tramo urbano del canal.

Contrastación:

Esta hipótesis queda confirmada al haberse evaluado una sección transversal de máxima eficiencia hidráulica con revestimiento de concreto, cuya modelación arrojó resultados que mejoran ampliamente a las características físicas y cinéticas del canal al comprobarse que mantiene un tirante, velocidad y flujo uniforme, bajo un régimen de flujo subcrítico. La sección transversal analizada reduce también el espacio a ocupar en relación al canal actual.

Contrastación de Hipótesis Principal

Mediante una propuesta técnica de solución se puede optimizar la eficiencia hidráulica del canal de irrigación Casa Blanca

Contrastación:

La hipótesis planteada es afirmativa, puesto la evaluación física e hidráulica permitió definir parámetros físicos y condiciones de flujo del canal, que sirvieron para la modelación numérica partir de las cuales se obtuvo propuestas de mejoramiento verificadas en las hipótesis específicas.

VI. CONCLUSIONES

1. De los estudios preliminares se obtuvo que el volumen de agua que conduce actualmente el tramo urbano del Canal Casablanca representa al 29.4% (1.47 m³/seg) del total para el cual fue diseñado originalmente (5.00 m³/seg), mucho menor que el caudal de 5.00 m³/seg para lo cual fue diseñado. Encontrándose bajas velocidades que han generado la colmatación del cauce y la formación de abundante vegetación, reduciendo la sección del canal y provocados desbordes que se han comprobado y contrastado con la modelación y las observaciones de campo, concluyendo en que el canal actual es ineficiente.

2. Mediante el análisis y modelación de una sección transversal de máxima eficiencia de forma rectangular, con revestimiento de concreto, se determinó que ofrece un mejor funcionamiento hidráulico con velocidad y tirante estables, régimen de flujo subcrítico, garantiza la conducción de los 5.00 m³/seg y requiere menor espacio que la sección original.

3. Se concluye que la hipótesis general es válida al comprobarse el cumplimiento de todos los objetivos trazados y que la propuesta técnica generará los siguientes beneficios o aportes: Reducción del área de uso respecto a la condición original; garantía de transporte del caudal requerido por los agricultores, mejora del aspecto del canal en relación al entorno urbano; evita la infiltración y el consecuente deterioro de las vías e infraestructuras adyacentes; la reducción de costos de mantenimiento.

VII. RECOMENDACIONES

1. A las autoridades locales de riego, desarrollar la gestión necesaria para financiar y aplicar la propuesta técnica y aplicar un plan de mantenimiento periódico y rutinario.
2. A la autoridad municipal, invertir en el techado del canal con vigas removibles que eviten el depósito de desperdicios.
3. A la autoridad de riego y municipal, desarrollar campañas para concientizar sobre el peligro de arrojar desperdicios al interior del canal.
4. Desarrollar un programa de capacitación para usuarios y pobladores en la zona de influencia del canal, sobre la relación recíproca de solidaridad y ayuda mutua entre beneficiarios directos e indirectos del canal.

REFERENCIAS

- ANA. (2010). *ana.gob.pe*. Obtenido de Criterios de diseño de obras hidráulicas: http://www.ana.gob.pe/media/389716/manual-diseños-1.pdf?fbclid=IwAR3SRs91fBbuUi7EjKWn1xr6nMSpa5VUSF_JK1FnuaB7aQ3CD6FrYRlteYs
- ANA. (2018). *ana.gob.pe*. Obtenido de ANA gestiona innovación y mejora de infraestructura de riego en Ica: <http://www.ana.gob.pe/noticia/ana-gestiona-innovacion-y-mejora-de-infraestructura-de-riego-en-ica>
- Arbulu, J. (2010). *Estructuras Hidráulicas*. 1.a. ed. Universidad Pedro Ruiz Gallo.
- Aredo Moya, A. E., & Valverde Ponte, A. (2016). *Mejoramiento y rehabilitación del canal de regadío Carabamba margen izquierda, Distrito de Carabamba, Provincia de Julcán, Departamento de La Libertad*. Trujillo.
- Asalde Yupton, J. W. (2020). *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*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12727/6942>
- Banco Mundial. (2021). *bancomundial.org*. Obtenido de El agua en la agricultura: <https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture#1>
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la Investigación*. Bogotá: 3era ed. Worldcolor.
- Bonet, E. (2018). *Irrigation Canals-an overview*. Recuperado el 6 de Jun de 2021, de [sciencedirect.com](https://www.sciencedirect.com): <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/irrigation-canals>
- Chan, E. (2015). *Revisión de la capacidad y funcionamiento hidráulico de un canal mediante modelación numérica*. México.
- Chanson, H. (2002). *biblioteca.unach.edu.ec*. Obtenido de Hidráulica del flujo en canales abiertos:

http://biblioteca.unach.edu.ec/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=5148

- Chapapria. (2014). *Obras Marítimas*. Valencia: Primera Ed. Valencia UP.
- Chow, V. T. (1994). *Hidráulica De Canales Abiertos*.
- Córdova, R. (2015). *Mejoramiento del sistema hidráulico de riego del caserío de Mossa-distrito Santa Catalina de Mossa-provincia de Morropón-Piura*. Piura.
- Costa, J. (2018). *Diseño de la infraestructura del canal de riego Pampas de Jahuey-caserío Pampas de Jahuey-distrito de Acope-provincia Ascope-departamento La Libertad*. Trujillo.
- Dávalos, J., & Yépez, I. (2017). *Evaluación y mejoramiento del canal principal del Sistema de Riego Pisque de la comunidad Guachala, parroquia Cangahua*. Cangahua.
- Davila, F. (2020). *Diseño hidráulico del canal L-02 Chaname y L-03 Chaname Derecho, distrito Pueblo Nuevo, provincia Ferreñafe, Lambayeque-2018*. Chiclayo.
- Engineers UAC . (2016). *hec.usace.army.mil*. Obtenido de Engineers UAC of Hydraulic Reference Manual: [https://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/documentation/HEC-RAS 5.0 Reference Manual.pdf](https://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/documentation/HEC-RAS%205.0%20Reference%20Manual.pdf)
- Escante, H. (2018). *Análisis, elaboración y propuesta de infraestructura de riego para mejorar la producción del sector agrícola principal-Paramarca*. Ica.
- Espinoza, J., Gontes, R., Alvarez, R., & Gonzáles, J. (5 de 06 de 2011). *revistahypatia.org*. Recuperado el 2021, de Hidráulica: <https://revistahypatia.org/hidraulica-revista-32.html>
- Fortier, & Scobey. (1926). *repositorio.pucp.edu.pe*. Obtenido de Elementos de erosión y sedimentación: https://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/41245/mecanica_fluidos_cap02.pdf?sequence=8&isAllowed=y

Google Earth. (2021). Obtenido de Google Earth:
<https://www.google.com/intl/es/earth/>

Hernández, R., Fernández, R., & Baptista. (2014). *Metodología de la Investigación*. México.

INGNOVA FORMACION. (2020). *academia.ingnova.es*. Obtenido de HEC-RAS 4.1: <https://academia.ingnova.es/cursos-online/hidraulica-e-hidrologia/hec-ras-4-1>

Jiménez, J. (2017). *La eficiencia de conducción en el Canal Troncal tramo no revestido progresiva 5+400 - 5+900; tramo revestido progresiva 17+006 - 17+506 - caso Comisión de Usuarios margen izquierda del Río Tumbes 2017*. Tumbes.

Jones, B. (2018). *britannica.com*. Recuperado el 2021, de Irrigation and drainage: <https://www.britannica.com/technology/irrigation>

Krochin. (1978). *Diseño Hidráulico*.

Lino, J. (2016). *solinst.com*. Obtenido de Levelloggers Monitor Irrigation Channels in Peru: <https://www.solinst.com/onthelevel-news/water-level-monitoring/water-level-datalogging/levelloggers-monitor-irrigation-channels-in-peru/>

Llerena, L. (2017). *Mejoramiento del sistema de riego canal Shumin-San Benito, distrito de Usquil-Otuzco, La Libertad*. Trujillo.

Macmillan Dictionary. (2010). *macmillandictionary.com*. Obtenido de IRRIGATION CHANNEL: <https://www.macmillandictionary.com/dictionary/british/irrigation-channel>

Marín, C., Menjivar, M., & Zavaleta, J. (2012). *Diseño y Construcción de un Canal Hidráulico de Pendiente Variable para uso didáctico e investigación*. El Salvador.

Mateo Del Horno, M. (2016). *Aplicación práctica del programa HEC-RAS* .

- MINAGRI. (2015). Obtenido de Manual N°5 Medición de agua:
<http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/manual-riego/manual5.pdf>
- Morales, S., & Baltodano, W. (2015). *Diseño Hidráulico de un canal de 1km de longitud que comprende parte de la zona 2, 5, 6 y 11 del municipio de Ciudad Sandino*. Nicaragua.
- RHydro Ingenieros S.A.C. (2018). *rhydroingenieros.com*. Obtenido de HEC-RAS-RHydro Ingenieros: <https://rhydroingenieros.com/blog/caractersticas-y-aplicaciones-de-la-interfaz-de-hec-ras>
- Rocha, A. (2007). *Susferrinmaquinas.Com.Ar*. Obtenido de Hidráulica de Tuberías y Canales.
- Rodriguez. (2008). *civilgeeks.com*. Obtenido de Hidráulica II: <https://civilgeeks.com/>
- Rojas, H. (2021). *Diseño del canal de riego L-02 Pueblo Carpintero II Etapa, distrito de Pueblo Nuevo, Lambayeque*. Trujillo.
- Roldan, A. (2017). *Evaluación de las pérdidas de conducción en el canal La Mora en el tramo de la progresiva (0+600-1+600)-Chimbote-Cascajal-2017*. Chimbote.
- Salinas, P. (2010). *Saber.ula.ve*. Recuperado el 2021, de Metodología de la Investigación Científica: http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/34398/metodologia_investigacion.pdf;jsessionid=0EA73C272D758476173059B7C40D1402?sequence=1
- Sanchez, T., Simonne, E., & M., O.-H. (2021). *journals.flvc.org*. Recuperado el 2021, de Glosario de términos usados en riego por goteo y su traducción al inglés: <https://journals.flvc.org/edis/article/view/128091>
- Sotelo, G. (2002). *Hidráulica de Canales*. México D.F.

Valderrama, G. (2005). Obtenido de Mapa de la provincia de Ica-in english:
<https://n9.cl/g848>

Villón, M. (2004). *Hidráulica de Canales*. Lima.

Vinelli, M. (2021). *esan.edu.pe*. Obtenido de La brecha de infraestructura de riego en el sector agropecuario:
<https://www.esan.edu.pe/conexion/actualidad/2021/03/02/la-brecha-de-infraestructura-de-riego-en-el-sector-agropecuario/#:~:text=La%20infraestructura%20de%20riego%20en,solo%20el%2015%20%25%20est%C3%A1n%20revestidos.>

ANEXOS

Anexo 1. Operacionalización de variable

TÍTULO: "PROPUESTA TÉCNICA DE SOLUCIÓN PARA LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DEL CANAL DE IRRIGACIÓN CASA BLANCA, DISTRITO DE SANTIAGO, ICA - 2021"

AUTOR: CURI CABALLA, Wendy Zenaida

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
INDEPENDIENTE: Propuesta técnica de solución	Es la investigación que resuelve un problema de inmediato (Salinas, 2020,p.17)	Investiga las mejores características geométricas y parámetros hidráulicos mediante la modelación.	* Sección transversal	* Tirante máximo	Razón
			* Pendiente	* Velocidad	Razón
			* Caudal máximo	* Perímetro hidráulico optimizado	Razón
			* Rugosidad	* N° Froude	Razón
DEPENDIENTE: Eficiencia hidráulica	Transportar la máxima cantidad de agua con el menor perímetro posible. (Ramos y Vega, 2020, p.4)	Modelación en condiciones actuales.	* Geometría del canal	* Tirante máximo	Razón
			* Modelación del canal existente	* N° Froude	Razón
			* Parámetros hidráulicos.	* Perímetro hidráulico existente.	Razón

Anexo 2. Matriz de consistencia

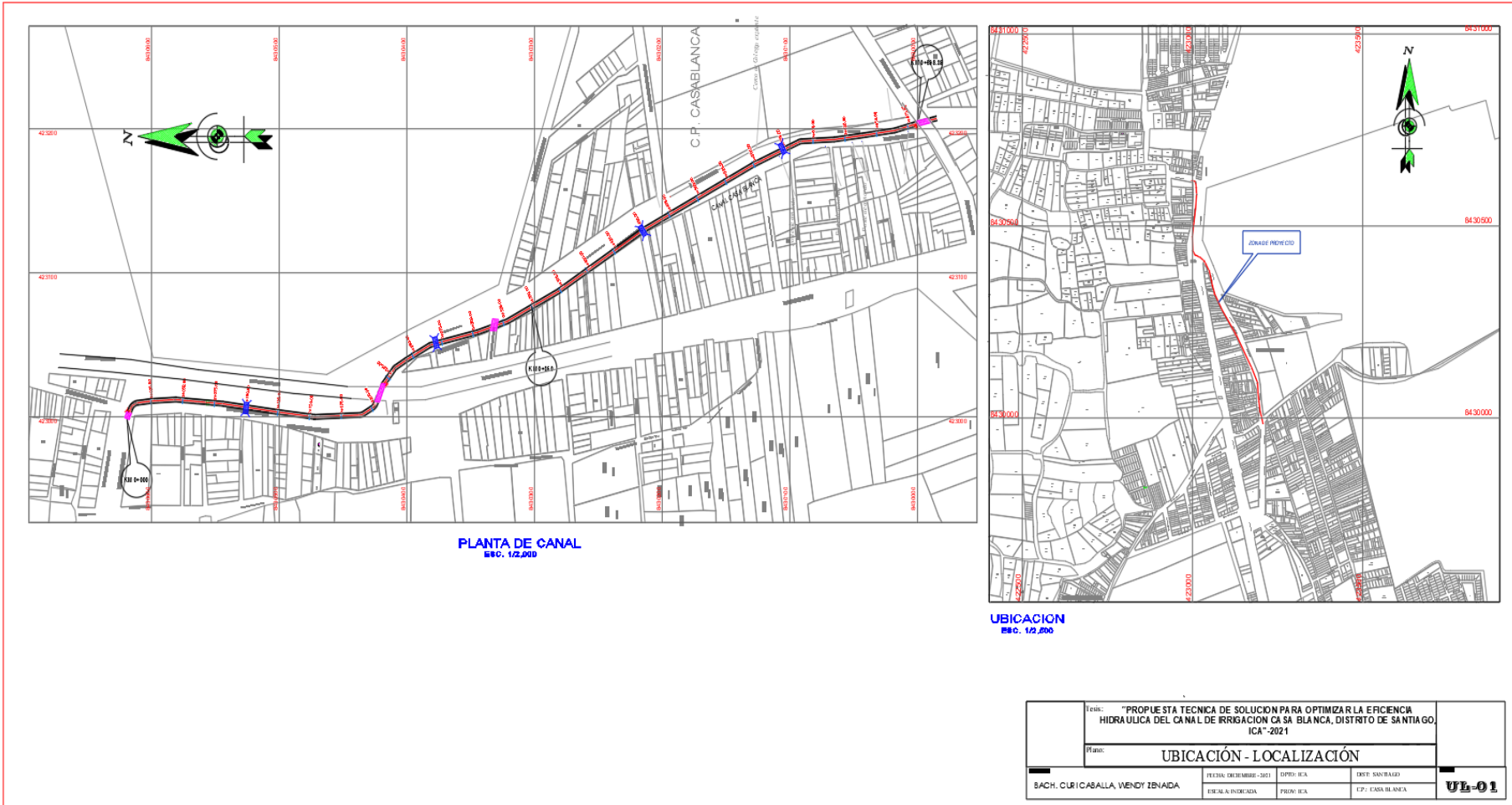
TÍTULO: “PROPUESTA TÉCNICA DE SOLUCIÓN PARA LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DEL CANAL DE IRRIGACIÓN CASA BLANCA, DISTRITO DE SANTIAGO, ICA - 2021”

AUTOR: CURI CABALLA, Wendy Zenaida

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVOS GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	METODOLOGÍA
El canal de irrigación existente en la zona urbana de la localidad de Casa Blanca, distrito de Santiago, provincia y departamento de Ica, no atiende la demanda de riego requerida, actualmente presenta problemas en la conducción del caudal necesario para la demanda de riego del sector. ¿Cómo se puede optimizar la eficiencia hidráulica del canal para conducir el caudal requerido?	Proponer una solución técnica y garantizar la demanda de caudal requerido por los usuarios del canal.	Mediante una propuesta técnica de solución se puede optimizar la eficiencia hidráulica del canal de irrigación Casa Blanca.	INDEPENDIENTE: Propuesta técnica de solución.	Sección transversal Pendiente Caudal máximo requerido Rugosidad	Tirante máximo Velocidad Perímetro hidráulico optimizado Nº Froude	Razón	Tipo de Investigación: Aplicada Enfoque de investigación: Cuantitativo.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	METODOLOGÍA
La caída y acumulación de desperdicios, crecimiento de vegetación, sedimentación, inestabilidad y deformación del talud genera variaciones en la pendiente, reduce su capacidad de conducción generando pérdidas por desbordes y causando anegios en algunos sectores de la población por donde circula el canal. 1. ¿Qué características geométricas y parámetros hidráulicos tiene el canal existente que no garantiza el funcionamiento óptimo del tramo urbano del canal?	1. Determinar las características geométricas y parámetros hidráulicos de diseño actuales que no garantizan el funcionamiento óptimo del tramo urbano del canal de irrigación.	1. Las características geométricas y parámetros hidráulicos del canal no garantizan el funcionamiento óptimo del tramo urbano.	DEPENDIENTE: Eficiencia hidráulica.	Geometría del canal	Tirante máximo	Razón	Diseño de investigación: No experimental
La alteración de los parámetros del canal ya sean físicos e hidráulicos, por diversos factores, influirían en su eficiencia hidráulica y sería necesario modelarlo para conocer el verdadero comportamiento del flujo y la eficiencia actual del canal. 2. ¿Mediante la modelación hidráulica del canal actual podrá conocerse el comportamiento real del flujo?	2. Realizar la modelación hidráulica del canal actual, para conocer el comportamiento real del flujo.	2. La modelación hidráulica del canal actual permite conocer el comportamiento real del flujo.		Modelación del canal existente	Nº Froude	Razón	Nivel de investigación: descriptivo. Población: Inicio: Toma La Joya - Fin: Toma Santiaguillo
En el canal existen zonas donde las secciones se han deformado y hay tramos de estrangulamiento que propician desbordes y reblandecimiento del suelo adyacente al tramo urbano. 3. ¿Qué modificaciones se podrían evaluar para mejorar el comportamiento del flujo en el tramo urbano del canal?	3. Evaluar una sección de máxima eficiencia hidráulica para mejorar la situación actual del tramo urbano del canal.	3. La evaluación de una sección de máxima eficiencia hidráulica propuesta, mejora el comportamiento del flujo en el tramo urbano del canal.		Parámetros hidráulicos.	Perímetro hidráulico existente.	Razón	Muestra: El tramo urbano del Canal de irrigación Casa Blanca desde el km 0+000 – 0+698.39 Muestreo: No probabilístico

Anexo 3. Plano Ubicación-Localización (UL-01)

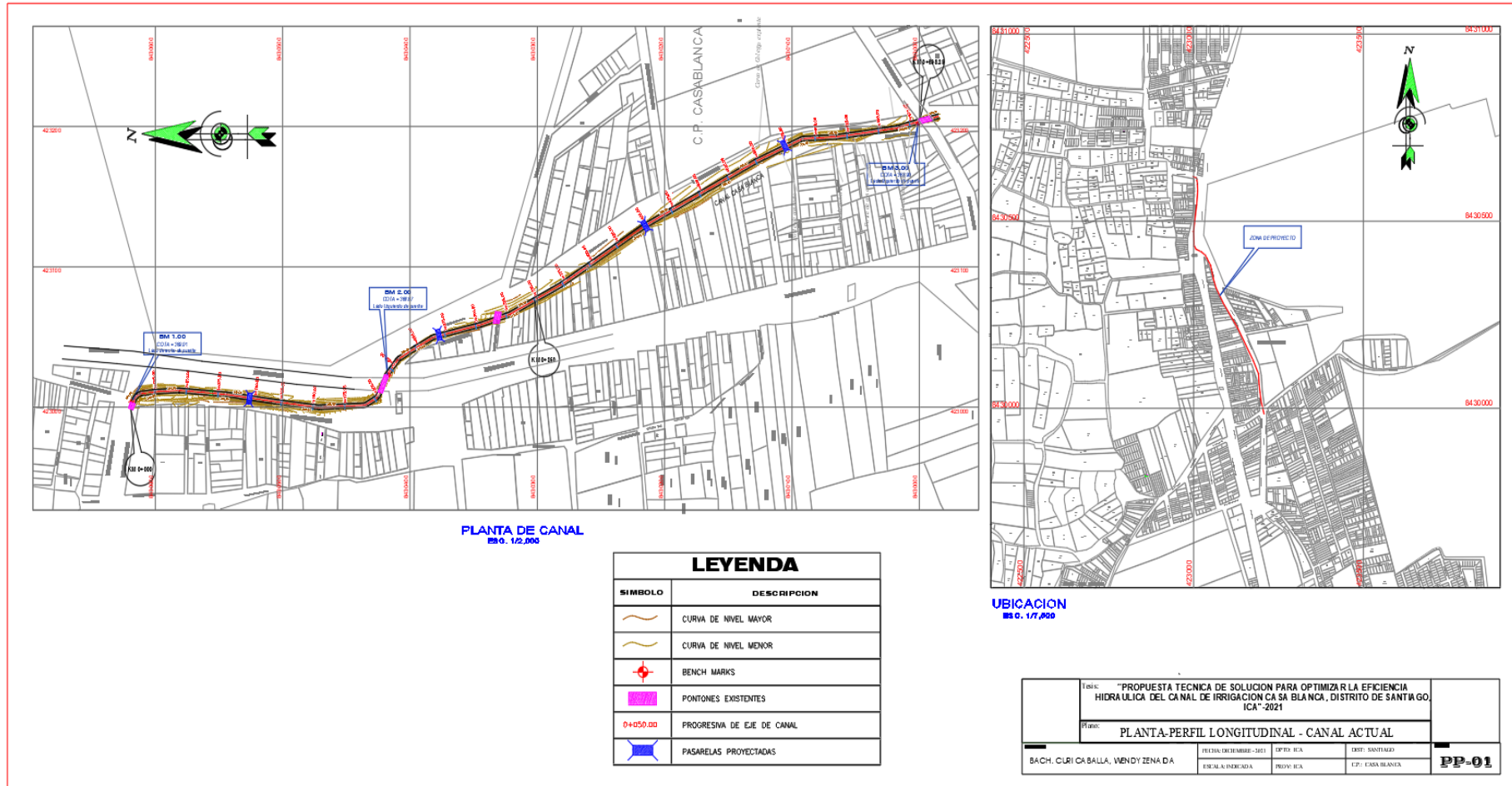
ESC. 1/2,000



Título: "PROPUESTA TÉCNICA DE SOLUCIÓN PARA OPTIMIZAR LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DEL CANAL DE RRIEGACIÓN CASABLANCA, DISTRITO DE SANTIAGO, ICA - 2024"			
Plano: UBICACIÓN - LOCALIZACIÓN			
SACH. CURI/CABALLA, WENDY ZENADA	FECHA: DICIEMBRE - 2024	OPRO: ICA	DIRET: SANITARIO
	ESCALA: INDICADA	PROY: ICA	CP: CASABLANCA
			UL-01

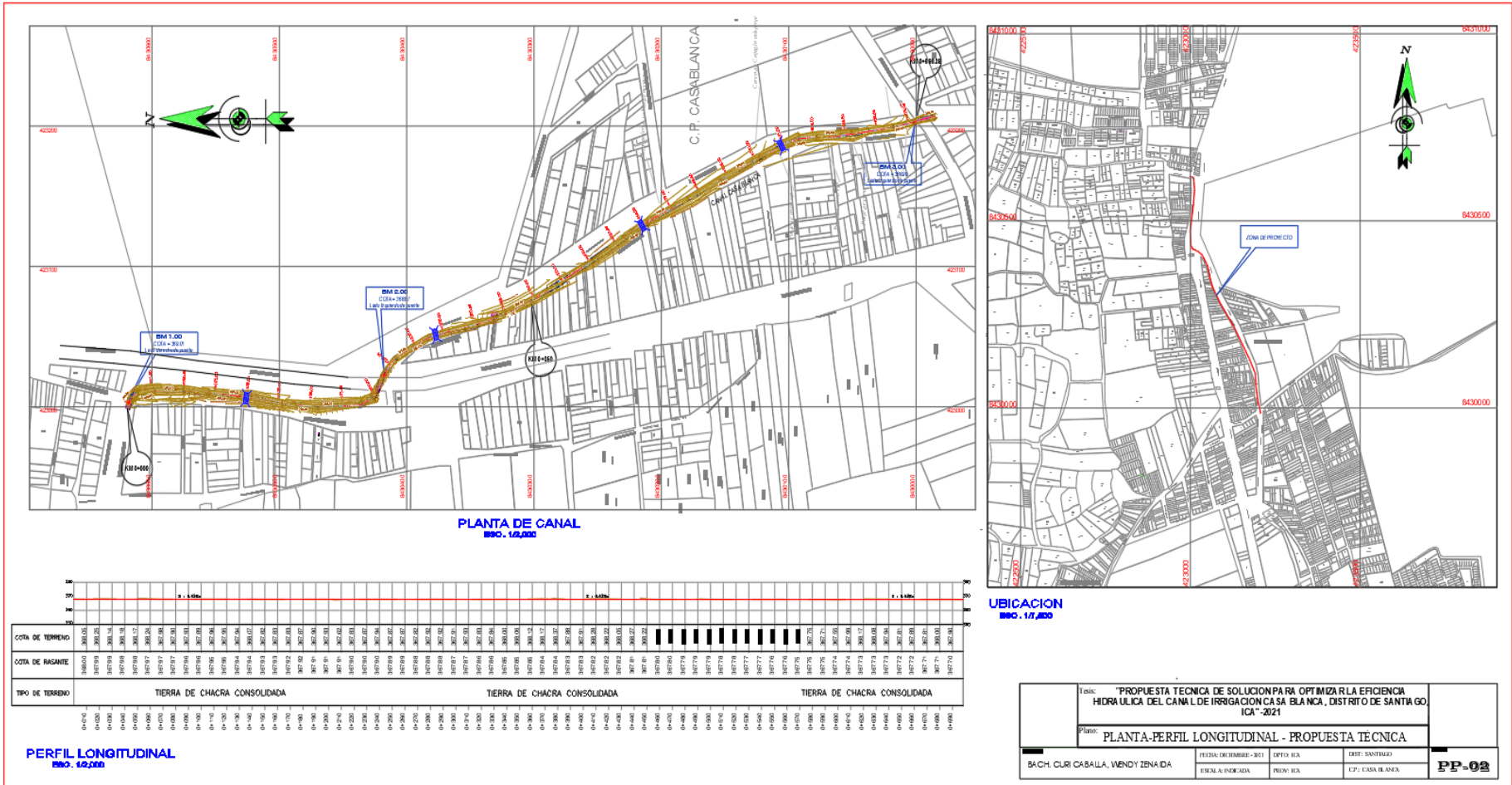
Anexo 4. Plano Perfil longitudinal – Canal existente (PP-01)

ESC. 1/2,000



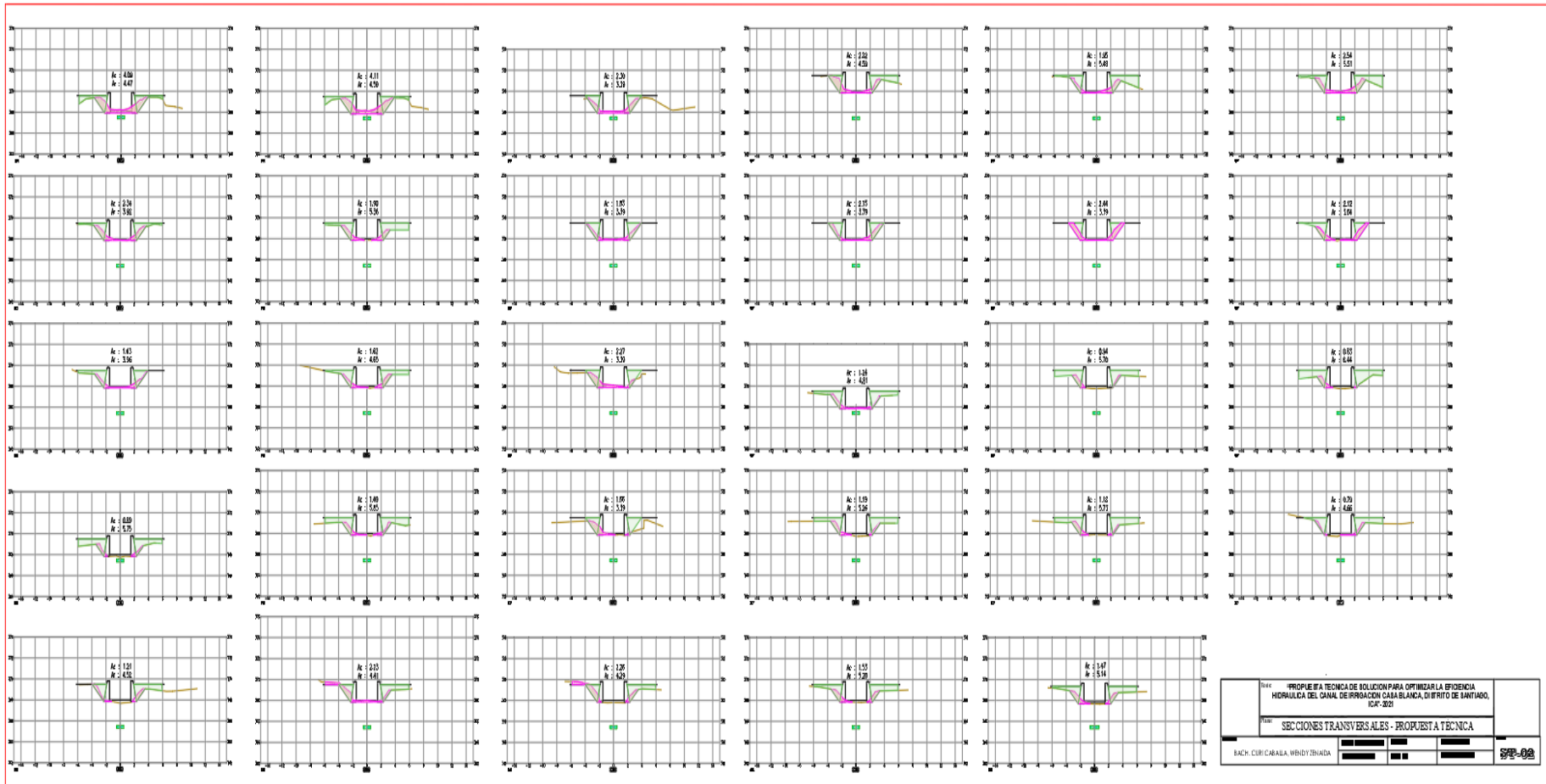
Anexo 5. Plano Perfil longitudinal – Propuesta técnica (PP-02)

ESC. 1/2,000



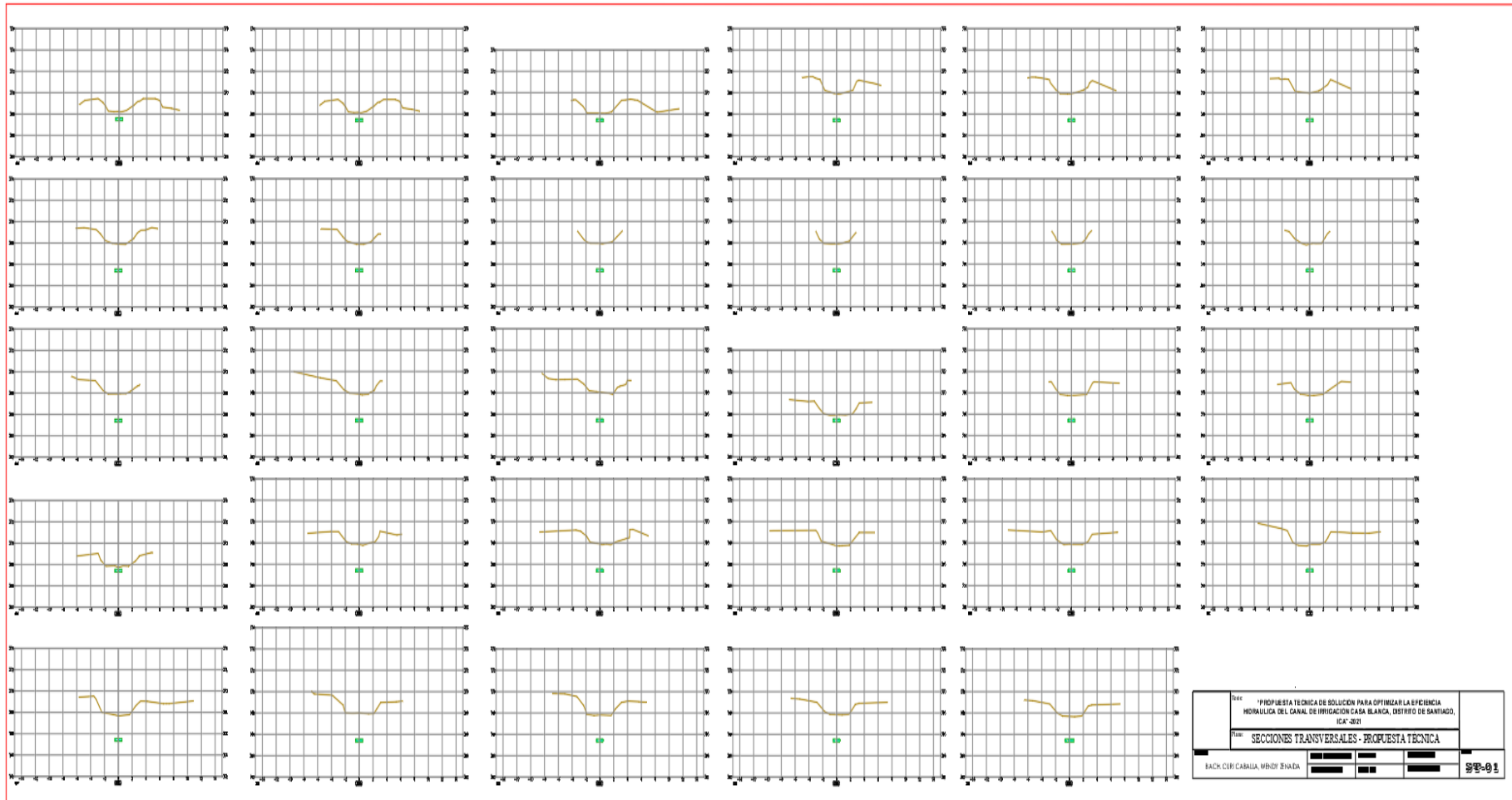
Anexo 6. Plano Secciones transversales – Canal existente (ST-01)

ESC. 1/250



Anexo 7. Plano Propuesta técnica (ST-02)

ESC. 1/250



Anexo 8. Panel fotográfico



Fotografía 1. Tomando datos con estación total



Fotografía 2. Midiendo longitud del canal



Fotografía 3. Midiendo uno de los tramos de aforo



Fotografía 4. Medición del tiempo – Método del flotador



Fotografía 5. Zona crítica con riesgo de desborde



Fotografía 6. Zona de abundante vegetación



Fotografía 7. Se aprecia gran ancho del canal



Fotografía 8. Zona de desborde