



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

APLICACIÓN DEL PROGRAMA DE MODELACIÓN HIDRÁULICA HEC-
RAS PARA DISEÑO DE UN CANAL ABIERTO

AZANZA CHALEN ELVIS STEEVEN
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2023



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

APLICACIÓN DEL PROGRAMA DE MODELACIÓN
HIDRÁULICA HEC-RAS PARA DISEÑO DE UN CANAL
ABIERTO

AZANZA CHALEN ELVIS STEEVEN
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2023



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO TITULACIÓN
PROYECTO TÉCNICO

APLICACIÓN DEL PROGRAMA DE MODELACIÓN HIDRÁULICA HEC-RAS PARA
DISEÑO DE UN CANAL ABIERTO

AZANZA CHALEN ELVIS STEEVEN
INGENIERO CIVIL

AGUIRRE MORALES FREDY ALEJANDRO

MACHALA, 13 DE MARZO DE 2023

MACHALA
2023

APLICACIÓN DEL PROGRAMA DE MODELACIÓN HIDRÁULICA HEC-RAS PARA DISEÑO DE UN CANAL ABIERTO

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

< 1%

★ www.resourcegovernance.org

Fuente de Internet

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, AZANZA CHALEN ELVIS STEEVEN, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado APLICACIÓN DEL PROGRAMA DE MODELACIÓN HIDRÁULICA HEC-RAS PARA DISEÑO DE UN CANAL ABIERTO, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

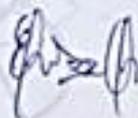
El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 13 de marzo de 2023



AZANZA CHALEN ELVIS STEEVEN
0706510419

DEDICATORIA

A mis padres Víctor y Nelly por haber estado conmigo durante cada proceso de mi vida y enseñarme todo lo necesario para hacerle frente a las dificultades que se me puedan presentar.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios en primer lugar por haberme ayudado a llegar a este punto de mi vida.

A mis padres por haberme dado todo lo que podían para que yo pudiera estudiar y obtener mi título.

A mis hermanos por su apoyo y ejemplo de motivación durante mi proceso de educación.

Agradezco a mi tutor el ingeniero Fredy Aguirre por la guía brindada durante este proceso para llevar el tema de la mejor manera.

RESUMEN

El agua siendo un recurso valioso para el desarrollo económico y social de un país, se ha visto amenazado por diversos factores de origen natural y humano que han provocado que su cantidad se vea reducida con el tiempo. Situación que afecta mayormente a países en vías de desarrollo donde además se suman los problemas relacionados a la falta de financiamiento e información sobre variables climatológicas para poder gestionar de mejor manera el agua. En Ecuador estas problemáticas han evitado que se puedan desarrollar proyectos de regulación y distribución de agua, resultando el sector agrícola el más afectado por ser el que mayor demanda del recurso exige. Por esta razón el siguiente trabajo tiene como objetivo analizar el uso del software de modelación hidráulica HEC-RAS para el diseño de obras de conducción en la Provincia de El Oro y ayudar a cerrar la brecha que existe de áreas destinadas para cultivo que no pueden ser regadas por falta de infraestructuras que brinden accesibilidad al agua. El proceso empleado se basó en una investigación de diferentes fuentes bibliográficas relacionadas a la utilidad del software para el diseño de obras hidráulicas, información que fue de utilidad para la modelación de un canal abierto de 2035 m, el cual fue diseñado con un revestimiento de hormigón de 15 cm para prevenir riesgos por erosión e infiltración. Los datos referentes a la geometría del canal y diferencias de altura que se producen a lo largo de su perfil topográfico por los cambios de pendiente se determinaron mediante fórmulas empíricas para luego ser ingresados en el programa y realizar su simulación, dando como resultado la obtención de su perfil hidráulico el cual abarco singularidades como curvas de remanso y un resalto hidráulico ahogado, su tipo de flujo resulto mixto al producirse un cambio en su régimen de flujo de subcrítico a supercrítico y viceversa, sus velocidades máximas y mínimas resultaron estar dentro de los valores admisibles para canales revestidos de hormigón con lo que se pudo descartar riesgos por erosión y sedimentación, en cuanto al máximo nivel que alcanzara el agua en el canal el valor resulto menor a su profundidad total con la que fue diseñado, descartando también riesgos de una posible inundación, para finalizar se determinaron las actividades necesarias para la realización del canal abierto donde se incluyeron costos por infraestructura, medidas ambientales y seguridad, también se utilizó el programa Project para determinar la duración total del proyecto tomando como referencia que un día calendario equivaldría a 6.30 horas laborables para cálculo de la duración de cada una de las actividades a ejecutarse . Se puede concluir entonces que la implementación de softwares de modelación hidráulica como el HEC-RAS son imprescindibles para el diseño de obras hidráulicas debido a que facilitan el cálculo y análisis de parámetros hidráulicos en proyectos de planificación de recursos hídricos y

mitigación de desastres naturales, reduciendo el tiempo y costo que normalmente se emplea en el desarrollo de estas obras hidráulicas, también se pudo concluir que el presupuesto necesario para la ejecución del proyecto será de \$ 684,318.12 en un plazo de 159 días.

Palabras Claves: Modelación hidráulica, Hec-Ras, canales, agua, riego.

ABSTRACT

Water, being a valuable resource for the economic and social development of a country, has been threatened by various factors of natural and human origin that have caused its quantity to be reduced over time. This situation mainly affects developing countries where problems related to the lack of financing and information on climatological variables are added in order to better manage water. In Ecuador, these problems have prevented the development of water regulation and distribution projects, resulting in the agricultural sector being the most affected as it is the one with the greatest demand for the resource. For this reason, the following work aims to analyze the use of HEC-RAS hydraulic modeling software for the design of conduction works in the Province of El Oro and help to close the gap that exists between areas destined for cultivation that cannot be irrigated due to lack of infrastructure that provides accessibility to water. The process used was based on an investigation of different bibliographic sources related to the usefulness of the software for the design of hydraulic works, information that was useful for the modeling of an open channel of 2035 m, which was designed with a concrete lining. of 15 cm to prevent risks of erosion and infiltration. The data referring to the geometry of the channel and height differences that occur along its topographic profile due to changes in slope were determined using empirical formulas to later be entered into the program and simulated, resulting in obtaining its hydraulic profile which included singularities such as backwater curves and a drowned hydraulic jump, its type of flow was mixed when there was a change in its flow regime from subcritical to supercritical and vice versa, its maximum and minimum velocities turned out to be within the values admissible for canals lined with concrete, with which it was possible to rule out risks due to erosion and sedimentation, in terms of the maximum level that the water reached in the canal, the value was less than its total depth with which it was designed, also ruling out risks of a possible flooding, finally, the necessary activities were determined for the realization of the open channel where Costs for infrastructure, environmental measures and security were included, the Project program was also used to determine the total duration of the project, taking as a reference that a calendar day would be equivalent to 6.30 working hours to calculate the duration of each of the activities to be carried out. It can then be concluded that the implementation of hydraulic modeling software such as HEC-RAS is essential for the design of hydraulic works because it facilitates the calculation and analysis of hydraulic parameters in projects for planning water resources and mitigation of natural disasters, reducing the time and cost that is normally used in the development of these hydraulic works, it was also possible to conclude that the necessary budget for the execution of the project will be \$684,318.12 within a period of

159 days.

Keywords: Hydraulic modeling, Hec-Ras, canals, water, irrigation.

INDICE

DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO.....	5
RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	8
INDICE.....	10
INDICE DE FIGURAS.....	12
INDICE DE TABLAS.....	14
INTRODUCCIÓN.....	16
1 CAPÍTULO I. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	18
1.1 Contextualización y descripción del problema objeto de intervención.....	18
1.1.1 Macro.....	18
1.1.2 Meso.....	19
1.1.3 Micro.....	20
1.2 Objetivos del proyecto técnico.....	22
1.2.1 Objetivo General.....	22
1.2.2 Objetivo Específicos.....	22
1.3 Justificación e importancia del proyecto técnico.....	22
2 CAPITULO II. ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN ADOPTADA.....	24
2.1 Estudios de ingeniería para la definición de alternativas técnicas de solución y sus escenarios.....	24
2.1.1 Topografía.....	24
2.1.2 Hidrología.....	24
2.1.3 Hidráulica.....	24
2.1.4 Canales Hidráulicos.....	24
2.1.4.1 Elementos Geométricos de un Canal Abierto.....	25
2.1.4.2 Flujo en Canales.....	27
2.1.4.3 Formula de Manning.....	29
2.1.4.4 Ecuación de la Continuidad.....	29
2.1.4.5 Ecuación de la Energía.....	29
2.1.4.6 Consideraciones Hidráulicas del canal.....	30
2.1.5 Procesos de Modelamiento.....	31
2.1.6 Clasificación de los Modelos.....	31
2.1.6.1 Modelos Unidimensionales.....	32
2.1.7 Modelamiento Hidráulico.....	32
2.1.8 HEC-RAS.....	32
2.2 Prefactibilidad.....	32
2.3 Factibilidad.....	33
2.4 Identificación de la alternativa de solución viable para su diseño.....	34

3	CAPÍTULO III. DISEÑO DEFINITIVO DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN	36
3.1	Concepción del prototipo.....	36
3.2	Memoria técnica.....	36
3.2.1	Calculo de parámetros hidráulicos por Tramo	37
3.2.2	Diseño del Puente Canal.....	41
3.2.3	Calculo del Resalto Hidráulico.....	56
3.3	Modelamiento en HEC-RAS.....	61
3.3.1	Generación de datos en el Software	62
3.4	Presupuesto.....	67
3.4.1	Estructura del Presupuesto	67
3.4.2	Creación de APU.....	67
3.4.3	Elaboración del Presupuesto	68
3.5	Programación de obras	68
3.5.1	Lista de Actividades	69
3.5.2	Duraciones.....	69
3.5.3	Programación en Project.....	70
4	CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	72
4.1	Conclusiones	72
4.2	Recomendaciones	72
	BIBLIOGRAFIA	73
	ANEXOS.....	81
	ANEXO 1: Resultados de la simulación del canal en el software HEC-RAS	81
	ANEXO 2: Memoria del Diseño Estructural.....	83
	ANEXO 3: Análisis de Precios Unitarios	86
	ANEXO 4: Programación de Obras	94
	ANEXO 5: Planos Definitivos	97

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Elementos geométricos de la sección transversal de un canal.....	25
Figura 2 Flujo en Canales	27
Figura 3 Energía Total en una sección de un canal.....	30
Figura 4 Perfil Longitudinal del Terreno.....	37
Figura 5 Parámetros Geométricos de una Sección Rectangular	38
Figura 6 Diseño Hidráulico del Tramo 1	39
Figura 7 Parámetros Hidráulicos una Sección Rectangular.....	39
Figura 8 Diseño Hidráulico del Tramo 2	40
Figura 9 Detalles del Puente Canal.....	41
Figura 10 Diseño Hidráulico del Tramo 3	43
Figura 11 Perfil de Flujo en el Puente Canal	44
Figura 12 Diseño Hidráulico del Tramo 4	46
Figura 13 Condiciones de curva M2.....	48
Figura 14 Perfil de la Curva de Remanso Aguas Arriba	49
Figura 15 Diseño Hidráulico del Tramo 4	50
Figura 16 Condiciones de curva S2.....	52
Figura 17 Perfil de la Curva de Remanso Aguas Abajo.....	52
Figura 18 Diseño Hidráulico del Tramo 5	54
Figura 19 Condiciones de curva S3.....	56
Figura 20 Perfil de la Curva de Remanso Aguas Abajo.....	56
Figura 21 Resalto Hidráulico	57
Figura 22 Resalto ahogado	58
Figura 23 Perfil de la Curva de Remanso Aguas Abajo.....	60
Figura 24 Diseño Hidráulico del Tramo 6	61
Figura 25 Creación del Proyecto	62
Figura 26 Creación del perfil longitudinal.....	62
Figura 27 Ingreso de Coordenadas en la estación	63
Figura 28 Ingreso del valor del caudal.....	63
Figura 29 Asignación de las Condiciones de Contorno	64
Figura 30 Registro del régimen de flujo	64
Figura 31 Perfil longitudinal del canal abierto	65
Figura 32 Parámetros Hidráulicos en las secciones Transversales	65
Figura 33 Vista Pseudo Tridimensional de la simulación del canal abierto	66
Figura 34 Salida Tabular por secciones	66
Figura 35 Valores para programación de tiempo de obra en Project	71
Figura 36 Diagrama de Gantt.....	71

Figura 37 Tabla de Resultados Hidráulicos del Canal Abierto	81
Figura 38 Curva Caudal vs Superficie de Agua	81
Figura 39 Grafica de velocidad.....	82

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Relaciones geométricas de las secciones transversales más frecuentes de canales tipo.....	26
Tabla 2 Numero de Reynolds.....	28
Tabla 3 Numero de Froude	29
Tabla 4 Velocidades máximas recomendadas en función de las características del suelo.	30
Tabla 5 Identificación de la alternativa de solución.....	34
Tabla 6 Datos Generales del Proyecto.....	36
Tabla 7 Abscisas y cotas para trazo de canal.....	36
Tabla 8 Datos Generales para el Tramo 1.....	37
Tabla 9 Resultados de los parámetros hidráulicos del Tramo 1	38
Tabla 10 Datos Generales del Tramo 2.....	39
Tabla 11 Resultados de los parámetros hidráulicos del Tramo 2.....	40
Tabla 12 Resultados de los parámetros hidráulicos de la sección 1 de la transición de entrada.....	42
Tabla 13 Valores de la Transición de Entrada Alabeada	43
Tabla 14 Datos Generales del Tramo 3.....	45
Tabla 15 Resultados de los parámetros hidráulicos del Tramo 3.....	46
Tabla 16 Datos de Entrada para diseño de Curva M2	47
Tabla 17 Datos del Perfil de la Curva de Remanso Aguas Arriba.....	48
Tabla 18 Datos Generales del Tramo 4.....	49
Tabla 19 Resultados de los parámetros hidráulicos del Tramo 4.....	49
Tabla 20 Datos de Entrada para diseño de Curva S2.....	51
Tabla 21 Datos del Perfil de la Curva de Remanso Aguas Abajo	52
Tabla 22 Datos Generales del Tramo 5.....	53
Tabla 23 Resultados de los parámetros hidráulicos del Tramo 5.....	53
Tabla 24 Datos de Entrada para diseño de Curva S3.....	54
Tabla 25 Datos del Perfil de la Curva de Remanso Aguas Abajo	55
Tabla 26 Datos de Entrada para diseño de Curva S1.....	59
Tabla 27 Datos del Perfil de la Curva de Remanso Aguas Arriba.....	60
Tabla 28 Datos Generales del Tramo 6.....	60
Tabla 29 Resultados de los parámetros hidráulicos del Tramo 6.....	61
Tabla 30 Presupuesto del Proyecto.....	68
Tabla 31 Lista de actividades para ejecución del Proyecto.....	69
Tabla 32 Determinación de duraciones de acuerdo a su actividad	70
Tabla 33 APU de rubro 1: Limpieza y desbroce	86

Tabla 34 APU de rubro 2: Replanteo y Nivelación.....	87
Tabla 35 APU de rubro 3: Excavación de la cubeta del canal	88
Tabla 36 APU de rubro 4: Hormigón simple clase $f'c=180$ kg/cm ² (replantillo)	89
Tabla 37 APU de rubro 5: Hormigón simple clase $f'c=210$ kg/cm ² inc. encofrado.....	90
Tabla 38 APU de rubro 6: Suministro, cortada, doblada y armada de hierro	91
Tabla 39 APU de rubro 7: Agua para control de polvo.....	92
Tabla 40 APU de rubro 8: Señales preventivas, letreros metálicos	93
Tabla 41 Tablas IMP – TMP	94
Tabla 42 Diagrama de barras IMP - TMP	95
Tabla 43 Cronograma valorado de trabajo.	96

INTRODUCCIÓN

El estado actual de los recursos hídricos en el planeta acentúa la necesidad de realizar una mayor gestión del uso que se hace de ellos, considerando que las cantidades con las que se dispone son muy limitadas y que la presión que se ejerce sobre ellas va en aumento [1].

La escasez del agua que se está viviendo es producto de los fenómenos que ocurren en la naturaleza y el papel que desempeñan los seres humanos en su manejo [2].

Los fenómenos climatológicos, por ejemplo, son originados por el cambio climático provocando fenómenos meteorológicos intensos como inundaciones, sequías, entre otros; que amenazan con disminuir las cantidades de agua que actualmente se disponen [3].

Los seres humanos por su parte ejercen una presión sobre los recursos hídricos del planeta debido al aumento de la población y el desarrollo de la economía mundial, lo que provoca que su cantidad y calidad también se vea reducida cada día, limitando su uso para los distintos aprovechamientos que se demandan [4], [5].

En Ecuador al igual que en muchos países del mundo su mayor uso consuntivo le pertenece al riego, aun por encima del uso doméstico que es para satisfacción de las necesidades humanas básicas, esto por ser la actividad usada para el desarrollo de las áreas dedicadas a la producción agrícola [6].

La importancia del riego en los sectores sociales, productivos y económicos tiene que ver con su influencia en la producción de alimentos, la agroindustria y la de mejorar las condiciones económicas de los agricultores y campesinos en las áreas rurales, con lo que se asegura una producción de calidad y un incremento en la economía del sector agropecuario [7].

El sector agropecuario ha representado uno de los pilares que tiene el país para su desarrollo económico, de manera similar ocurre en la Provincia de El Oro, por lo que la disponibilidad de agua para riego y obras de conducción van de la mano con su fortalecimiento [8]. Sin embargo, la realidad apunta a un déficit de infraestructura y disponibilidad de agua en los sectores dedicados a estas actividades lo que ha significado una reducción en la economía de las familias agricultoras y con ello la del país.

Este déficit de obras se debe a múltiples factores como el cambio climático, la escasez de agua, una inadecuada gestión por parte de los gobiernos medios y locales, sumado

a una falta de financiamiento para el desarrollo de proyectos como sistemas de riego.

En el presente trabajo se hace uso del software de modelamiento hidráulico HEC-RAS para modelar un canal abierto con el objetivo de demostrar la influencia que tiene en el diseño de obras hidráulicas permitiendo el cálculo de parámetros hidráulicos y simulando perfiles de flujo frente a distintos escenarios, buscando brindar una alternativa de solución que permita optimizar recursos en el diseño de estas obras de conducción.

El trabajo estará estructurado en cuatro (4) capítulos.

En el primer capítulo se realizará una investigación sobre las problemáticas que existen en cuanto al manejo del recurso, así como de los factores externos que influyen en su disponibilidad a nivel macro, meso y micro. Ayudando a determinar los objetivos y justificación del proyecto.

En el segundo capítulo se abordarán los estudios que son necesarios para llegar a una alternativa de solución que ayude a resolver las problemáticas presentadas en el capítulo anterior.

En el tercer capítulo se llevará a cabo el diseño hidráulico del canal abierto y su simulación en el software HEC-RAS analizando la viabilidad técnica que tiene en el diseño de obras de conducción.

En el cuarto capítulo se expondrán las conclusiones y recomendaciones encontradas durante la realización del proyecto.

1 CAPÍTULO I. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

La crisis relacionada al recurso del agua ha ido incrementando con el tiempo, provocando escasez en cuencas, dificultando el acceso que se tenía a líquido apto para consumo humano y una excedencia en las cantidades máximas de agua que pueden ser extraídas de los acuíferos [9].

Este aumento en la cantidad de agua que se requiere a diario se debe al crecimiento de la población, al desarrollo económico y los planes de gestión de agua inadecuados por parte de los gobiernos [10].

El crecimiento desmedido de la población también conocido como expansión demográfica provoca una demanda por los recursos naturales mayores a las cantidades que se disponen, como consecuencia el recurso del agua se ha visto comprometido en muchas partes del mundo, lo que ha dificultado su uso en las distintas actividades que dependen de ella [11].

Los recursos naturales representan un factor importante en el desarrollo económico y social de un país [12], por lo tanto, la escasez de agua que se está viviendo origina pérdidas económicas en los sectores productivos que la utilizan, provocando que en el futuro el crecimiento económico de algunos países se pueda ver reducido en hasta un 6 % del PIB para el 2050 [13].

Otro problema que amenaza con desaparecer las cantidades de agua dulce restantes del planeta es el calentamiento global y sus efectos se hacen sentir con mayor fuerza en el ciclo hidrológico perturbando las cantidades de agua que normalmente se daban, así como la calidad del agua y el aumento de desastres naturales que cada día se hacen más frecuentes provocando inundaciones y sequías [14].

Los desastres naturales afectan gravemente el desarrollo social y económico de un país, esto debido a las pérdidas tanto humanas como materiales que se producen y traen consigo desequilibrios en los sectores productivos, los cuales llegan a requerir de mucho tiempo para reponerse [15], [16].

1.1 Contextualización y descripción del problema objeto de intervención

1.1.1 Macro

De acuerdo al informe presentado por las "Naciones Unidas" indica que 2200 millones de personas enfrentan problemas por falta de agua potable, 4200 millones se encuentran viviendo en lugares donde no se ejecutan procesos para depuración de sus aguas residuales, 2300 millones se encuentran en países donde no existen fuentes

de agua y solo 24 de 153 países que comparten cuerpos de agua internacionales manejan un mecanismo de cooperación que ayude a gestionar su cantidad y calidad [17].

Se prevé que la demanda mundial del agua crezca en un 55% reduciendo las cantidades de agua dulce que se disponen actualmente, esto como consecuencia de las actividades que provienen de las industrias de generación de energía termoeléctrica y uso doméstico que demandan cada día mayores cantidades del recurso conforme aumenta la población, lo que causara que con el tiempo más del 40% de la población viva en cuencas hidrográficas con un estrés hídrico severo [18].

La accesibilidad que se tiene del recurso para las áreas destinadas a la producción de alimentos es tan solo del 17% de su superficie total, esto a nivel mundial, considerando que el agua destinada para esta actividad es la que mayor demanda exige con un 80%, se puede observar que existe un déficit que lleva a la reducción de la economía en los sectores productivos de todos los países [19].

Los fenómenos producidos en la naturaleza por el cambio climático han afectado los ámbitos técnico-productivo de las actividades de algunos países del mundo [20]. En el 2021 por ejemplo las inundaciones representaron el 56,13 % de todos los desastres naturales ocurridos a nivel mundial dejando como resultado 4393 personas fallecidas, a esto se suman las sequias con una ocurrencia del 3,54 % que, aunque no causan muertes dificultan el progreso de las actividades en los sectores agropecuarios [21].

1.1.2 Meso

El informe presentado por la “División de Recursos Naturales de la Comisión Económica para América Latina y El Caribe” expresa que ALC padece múltiples desafíos relacionados con la gestión de sus recursos hídricos, llegando a duplicarse el valor que deben pagar en ciertos sitios por su servicio; conjuntamente se suman los problemas relacionados a la contaminación, aumento de desastres naturales y el retroceso significativo de los glaciares, provocando escases del recurso y dificultando el acceso que se tenía a ella [22].

La escases de agua dulce que se vive en América Latina al igual que en muchas regiones se debe al crecimiento horizontal de las áreas urbanas fruto de un incremento de la población, la variabilidad en el clima y al consumismo de sus recursos naturales provenientes de la pesca, la caza, la minería y las actividades agropecuarias que han servido como fuentes de ingreso para el desarrollo de la región [23], [24].

El manejo descoordinado del recurso por parte de los gobiernos locales y la falta de

información que existe sobre las variables climatológicas han causado que en algunos países de American Latina el agua no sea apta para consumo humano [25].

En la “Conferencia de Finanzas y Gobernanza del Agua en América Latina y el Caribe: Hacia Dakar 2022” se evaluó la situación actual del recurso en la región, llegando a la conclusión de que se necesitaría triplicar o cuadruplicar la inversión que actualmente se está destinando al estudio e investigación de su uso en materia de desarrollo económico y social, así como los desastres provocados por la variabilidad en sus niveles buscando evitar las pérdidas que traen consigo [26].

1.1.3 Micro

En Ecuador la cantidad de agua disponible varía según su estación, en época lluviosa por ejemplo puede ser de hasta 4'320.000 hm³ y en época seca de tan solo 146.000 hm³ [27], esto lo ha caracterizado como uno de los países en América latina que mayor disponibilidad del recurso posee, sin embargo, en las áreas rurales el acceso al agua de calidad es escaso debido a que el 90% de las aguas residuales no son tratadas, lo que imposibilita su uso para consumo humano y actividades productivas [28].

La sostenibilidad del recurso se ha visto comprometida en algunas partes del Ecuador debido a la presión demográfica que provoca una demanda del líquido distinta para cada sitio, siendo la región Costa la más afectada por tener cuencas deficitarias con problemas de abastecimiento de agua y concentraciones masivas de habitantes que condicionan la cantidad de agua que se dispone [29].

La deforestación es otra de las actividades que tiene lugar en el país y provoca una disminución de los niveles de agua en las cuencas hídricas siendo su mayor promotor la agricultura [30]. Adicionalmente la pérdida de árboles afecta a la protección de los suelos, de los cauces de los ríos, de poder evitar problemas ambientales como inundaciones y a la misma deforestación [31].

De acuerdo a la información proporcionada por el Banco Nacional de Autorizaciones de Agua (BNA) la distribución del recurso en el país es en gran parte para uso de riego con un 55,9% de trámites de un total de 62.838 autorizaciones de uso consuntivo y un caudal de 560,9 m³/s, es decir, el 82,2% en el 2020 y un 18,224% del caudal total certificado para el 2021, lo que lo convierte en uno de los mayores usos consuntivos del recurso hídrico a nivel nacional [7], [32].

El sector agrícola representa un gran aporte a la economía del país, pero se ha visto perjudicado por los efectos del calentamiento global, provocando un daño en la economía de las familias ecuatorianas que se desempeñan en este sector, eventos

como las altas temperaturas, disminución de caudales de agua, aumento de insolación que provoca sequías, reducción de la producción y mala calidad de los productos agrícolas [33], todo esto ha provocado que las familias agricultoras opten por abandonar los campos y emigren a las ciudades en búsqueda de nuevas fuentes de ingreso.

Los datos proporcionados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) indican que solo entre el 2016 y 2020 los problemas relacionados con el deterioro de los cultivos a causa de plagas y las inundaciones provocadas por crecidas en las microcuencas dejaron un saldo de 48 872 hectáreas destinadas para cultivos permanentes y transitorios totalmente destruidas, simbolizando el 2,16% de la superficie total consignada para actividades agrícolas a nivel nacional [34].

La falta de información sobre las variables meteorológicas en el país producto de equipos no calibrados, deterioro en unidades de medición y/o procedimientos de mediciones deficientes, han evitado que se puedan realizar análisis eficientes sobre los fenómenos climáticos que están ocurriendo [35]. También impiden determinar las cantidades de agua que ingresan a diario a las cuencas hidrográficas.

El “Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE) en su informe número 015” indica que la cantidad de eventos amenazantes ocasionados por el aumento de precipitaciones durante la época lluviosa del 2021 fueron 734, resultando las provincias de Esmeraldas, Los Ríos, Manabí y el Oro con más afectaciones, solo en esta última provincia el 31.6% de los desastres se debieron a inundaciones [36].

Las inundaciones provocadas por el desbordamiento de los ríos en época invernal son muy frecuentes en la Provincia de El Oro como se puede observar en [37], [38], [39] y traen consigo el colapso de los sistemas de alcantarillo, inundaciones de las zonas aledañas y las principales vías de acceso, destrucción de las protecciones hidráulicas y socavaciones.

De acuerdo al COOTAD entre las funciones que tienen los GAD Provinciales dicta la ejecución de las competencias relacionadas con actividades productivas, riego y desarrollo agropecuario. De igual forma en materia de obras de infraestructura le concierne la construcción de obras en cuencas y microcuencas, así como sistemas de riego [40], sin embargo, existe poca participación de los gobiernos medios hacia las actividades productivas, lo que ha provocado pérdidas económicas al sector agrícola.

1.2 Objetivos del proyecto técnico

1.2.1 Objetivo General

Realizar el modelamiento de un canal abierto para conocer el comportamiento dinámico que tendrá el flujo a lo largo de su perfil hidráulico y poder definir su mejor diseño.

1.2.2 Objetivo Específicos

- Recopilar información de fuentes bibliográficas sobre el uso del programa HEC-RAS para diseño de obras hidráulicas.
- Elaborar el diseño hidráulico del canal abierto.
- Planificar el presupuesto y los tiempos para la ejecución del Proyecto.

1.3 Justificación e importancia del proyecto técnico

El agua se considera un recurso valioso para el desarrollo económico de un estado, donde además de ser usado para consumo de líquido vital, desempeña un papel importante impulsando el crecimiento de sus actividades productivas. Siendo la agricultura una de las actividades que mayores cantidades del recurso demanda [41].

En Ecuador el progreso del sector agropecuario ha tenido que enfrentarse a problemas relacionados al agotamiento de sus recursos naturales, a desastres naturales como el fenómeno del niño, sequías y a una carencia de financiamiento para adquisición de equipos tecnológicos, afectando el crecimiento económico del país que lo tiene como una de sus bases para el desarrollo [42].

El agua para riego es esencial para llevar a cabo las actividades agrícolas en el país por lo que demanda el mayor porcentaje del caudal que se dispone para distintos aprovechamientos [19]. Aun así, por estadísticas se conoce que la mayor parte de las áreas destinadas para cultivo no disponen de accesibilidad al recurso por falta de obras de conducción, provocando que exista una brecha del 35% en áreas que pueden ser regadas [7].

Se debe tener en cuenta que la falta de obras de conducción, la manera en cómo se distribuya el agua y los métodos usados por los agricultores para incrementar la productividad de sus cultivos, influyen en las cantidades de agua a las que puedan acceder y los problemas de suministro que puedan presentarse [43].

En la provincia de El Oro aun con la diversidad de condiciones climáticas disponibles para el crecimiento de los cultivos [44], el desarrollo de sus actividades productivas y manufactureras enfrentan serios problemas relacionados a una falta de suministro de

agua hacia esos sectores [45], producto de una inadecuada gestión del recurso.

Se requiere de una gestión del agua que involucre a todos los actores que intervienen en su disponibilidad y uso, no solo sus aspectos relacionados al cambio físico y natural, buscando su aprovechamiento de manera responsable y creando estrategias que resulten viables para su conservación [46].

En ese sentido para implementar proyectos de riego que favorezcan a la producción y desarrollo económico de la provincia, se debe disponer de una buena gestión del recurso hídrico en primer lugar, lo que ayudara a elevar la productividad de las tierras que son usadas para la producción de alimentos y comercialización [47]. Aquí los sectores públicos como el SENAGUA en conjunto con la EPA y el ARCA son importantes porque son los encargados de los trámites legales y administrativos relacionados con su uso y aprovechamiento [48].

En segundo lugar, es necesario suministrar de infraestructura hídrica a los sectores agropecuarios para el normal desenvolvimiento de sus actividades productivas, algo que le corresponde a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provincial y Cantonal de acuerdo al COOTAD, sin embargo, aspectos relacionados con la incapacidad de financiamiento para llevar a cabo la construcción de las obras requeridas y mejoramiento de las ya existentes ha causado que sea imposible cerrar la brecha entre la superficie provista con infraestructura y la superficie efectivamente regada [7], [48].

Una alternativa de distribución recurrente han sido los canales que se ubican como una de las obras de mayor relevancia para la conducción del líquido, permitiendo el traslado del flujo de un punto hacia otro [49]. Pero la variabilidad en los niveles de agua que se producen actualmente han dificultado la tarea de determinar las variables hidráulicas necesarias para llevar a cabo un diseño eficiente de estas obras, lo que ha llevado a que muchos proyectos en la provincia queden paralizados por no contar con los recursos necesarios para su desarrollo.

Se vuelve imprescindible entonces la identificación de soluciones que resulten viables para llevar a cabo proyectos de abastecimiento de agua conociendo las necesidades que viven los sectores productivos en países en vías de desarrollo como Ecuador [50] .

2 CAPITULO II. ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN ADOPTADA

2.1 Estudios de ingeniería para la definición de alternativas técnicas de solución y sus escenarios

2.1.1 Topografía

La topografía se considera una técnica o procedimiento con el cual se puede representar la superficie de un terreno en un plano [51].

Su uso se vuelve imprescindible en la hidráulica para obtener la información de cómo se encuentra conformado el terreno del cauce ya sea este natural o artificial, con lo que se podrá llevar a cabo los análisis hidráulicos correspondientes [52].

2.1.2 Hidrología

Se puede definir como la ciencia que estudia la distribución y circulación del agua dentro de su ciclo hidrológico [53].

La Hidrología permite llevar a cabo el estudio de variables como precipitación, evapotranspiración, escorrentía, almacenamiento y flujo tanto superficial como subterráneo con lo que se puede regular el comportamiento del agua en las cuencas hidrográficas y en los proyectos destinados para riego, suministro de agua y generación de energía [54].

2.1.3 Hidráulica

La hidráulica tiene como principales ramas a la hidrostática e hidrodinámica que se encargan del estudio de un fluido tanto en estado de reposo como en movimiento [55].

Su uso en problemas relacionados a fluidos permite llevar a cabo el análisis y cálculo de las variables que intervienen en conducciones de tipo abiertas como ríos y canales; y de igual forma conducciones de tipo cerradas como tuberías y tanques de almacenamiento, entre otros [55].

2.1.4 Canales Hidráulicos

Un canal es una estructura hidráulica en la cual el flujo circula por acción de la gravedad, este puede ser de forma natural o artificial.

Los canales naturales se refieren aquellos donde la mano del hombre no intervino en su elaboración, sino que fueron desarrollados por procesos naturales [56].

Los canales artificiales por su parte son aquellos que fueron elaborados por voluntad

del hombre para cumplir un propósito en específico, ya sea este para canales de riego o navegación, medida preventiva contra desastres naturales, servicios de alcantarillado pluvial, sanitario, drenaje agrícola o para destino de centrales hidroeléctricas [57].

2.1.4.1 Elementos Geométricos de un Canal Abierto

Los elementos geométricos se pueden definir como las propiedades que tendrán las secciones transversales del canal, se los representa con la geometría de la sección y la profundidad del flujo [58].

Son importantes para llevar a cabo el estudio de los parámetros hidráulicos del flujo en la estructura.

De acuerdo a Máximo Villon en [59] estos son:

y = tirante de agua, es la profundidad máxima del agua en el canal, en m.

b = ancho de solera, ancho de plantilla, o plantilla, es el ancho de la base de un canal, en m.

T = espejo de agua, es el ancho de la superficie libre del agua, en m.

C = ancho de corona, en m.

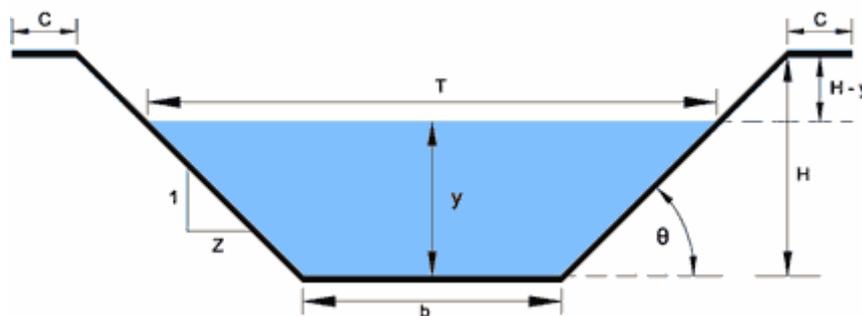
H = profundidad total del canal, en m.

$H - y$ = bordo libre, en m.

θ = ángulo de inclinación de las paredes laterales con la horizontal.

Z = talud, es la relación de la proyección horizontal a la vertical de la pared lateral (se llama también talud de las paredes laterales del canal). Es decir, Z es el valor de la proyección horizontal cuando la vertical es 1.

Figura 1. Elementos geométricos de la sección transversal de un canal.



Fuente: Ingeniería Civil

También ocurre una relación geométrica entre los componentes de su sección transversal:

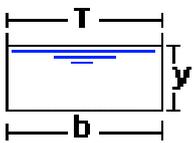
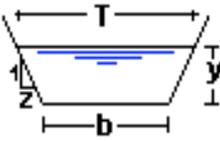
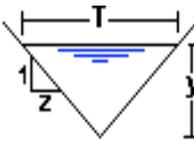
A = área hidráulica, es la superficie ocupada por el líquido en una sección transversal normal cualquiera, en m^2

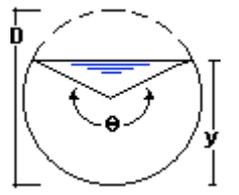
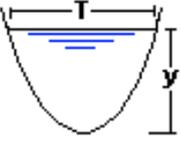
p = perímetro mojado, es la parte del contorno del conducto que está en contacto con el líquido, en m.

R = radio hidráulico, es la dimensión característica de la sección transversal, hace las funciones del diámetro en tuberías, en m.

y = Profundidad media, es la relación entre el área hidráulica y el espejo de agua, en m.

Tabla 1 Relaciones geométricas de las secciones transversales más frecuentes de canales tipo.

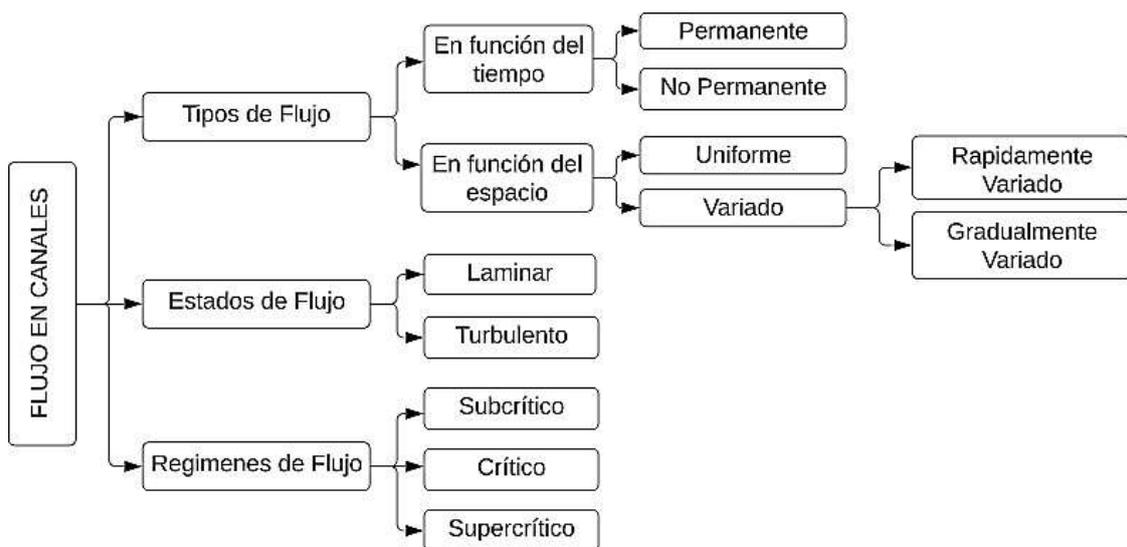
Tipo de Sección	Área A (m^2)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico R_h (m)	Espejo de agua T (m)
	by	$b + 2y$	$\frac{by}{b + 2y}$	b
	$(b + zy)y$	$b + 2y\sqrt{1 + z^2}$	$\frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}}$	$b + 2zy$
	zy^2	$2y\sqrt{1 + z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1 + z^2}}$	$2zy$

	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$\left(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta}\right)\frac{D}{4}$	$\left(\text{sen}\frac{\theta}{2}\right)D$
	$\frac{2}{3}Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T + 8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Fuente: Hidráulica Central

2.1.4.2 Flujo en Canales

Figura 2 Flujo en Canales



Fuente: Ven Te Chow (Elaboración: Autor).

Ven Te Chow [60] afirma que:

- El Flujo es Permanente si la profundidad de flujo no cambia o puede suponerse constante durante el intervalo de tiempo en consideración. Matemáticamente se representa:

$$\frac{\partial y}{\partial t} = 0; \quad \frac{\partial v}{\partial t} = 0; \quad \frac{\partial A}{\partial t} = 0; \quad \text{etc.}$$

- El Flujo es No Permanente si la profundidad cambia con el tiempo

$$\frac{\partial y}{\partial t} \neq 0; \quad \frac{\partial v}{\partial t} \neq 0; \quad \frac{\partial A}{\partial t} \neq 0; \quad \text{etc.}$$

- El Flujo es Uniforme si la profundidad de flujo es la misma en cada sección del canal, puede ser permanente o no permanente, esto dependerá del comportamiento que pueda llegar a tener su profundidad con respecto al tiempo.
- El Flujo es Variado si la profundidad de flujo cambia a lo largo del canal, puede clasificarse como rápidamente variado o gradualmente variado, esto dependerá de la forma que mantenga la profundidad en distancias comparativamente cortas ante cambios de pendiente o de sección.
- Los estados del flujo esta gobernados básicamente por los efectos de viscosidad y gravedad en relación con las fuerzas inerciales del flujo.
- El efecto de la viscosidad en relación con las fuerzas inerciales se determina por el número adimensional de Reynolds

$$R_e = \frac{v \cdot R}{\nu}$$

Donde ν representa a la viscosidad cinemática del fluido y v la velocidad

Tabla 2 Numero de Reynolds

Flujo	Rangos	Características
Laminar	$R_e < 500 - 600$	Trayectorias suaves y definidas
Transición	$500 > R_e < 2000$	Estado Mixto
Turbulento	$R_e > 2000$	Trayectorias irregulares
Fuente: Ven Te Chow (Elaboración: Autor).		

- El régimen en el flujo se relaciona con el efecto que llega a tener la gravedad sobre el estado del flujo, esto se determina mediante el número de Froude.

$$F = \frac{v}{\sqrt{g(A/T)}}$$

Donde v representa la velocidad del fluido

Tabla 3 Numero de Froude

Régimen	Rangos	Características en el Flujo
Subcrítico	$F < 1$	Tranquilo y de corriente lenta
Crítico	$F = 1$	Equilibrio
Supercrítico	$F > 1$	Rápido, ultrarrápido y torrencial

Fuente: Ven Te Chow (Elaboración: Autor).

2.1.4.3 Formula de Manning

Entre las fórmulas más usadas en la hidráulica de canales sobresale la de Manning, la cual se representa de la siguiente forma [59]:

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

donde:

v = velocidad, en m/s

R = radio hidráulico, en m

S = pendiente de la línea de energía, en m/m

n = coeficiente de rugosidad, su valor dependerá del material que tenga la superficie de las paredes.

2.1.4.4 Ecuación de la Continuidad

Según Sotelo en [61]: La ecuación de la continuidad se representa de la siguiente forma:

$$VA = \text{Constante}$$

$$V_1 A_1 = V_2 A_2$$

2.1.4.5 Ecuación de la Energía

Según Sotelo en [61]: La ecuación se representa de la siguiente forma:

$$z_1 + \frac{\rho_1}{\gamma} + \alpha \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{\rho_2}{\gamma} + \alpha \frac{V_2^2}{2g} + \sum_1^2 h_r$$

donde:

z = Carga de posición medida desde el plano de referencia hasta la plantilla de la

sección, en m.

$\frac{\rho}{\gamma}$ = Carga de presión sobre la plantilla de sección, en m.

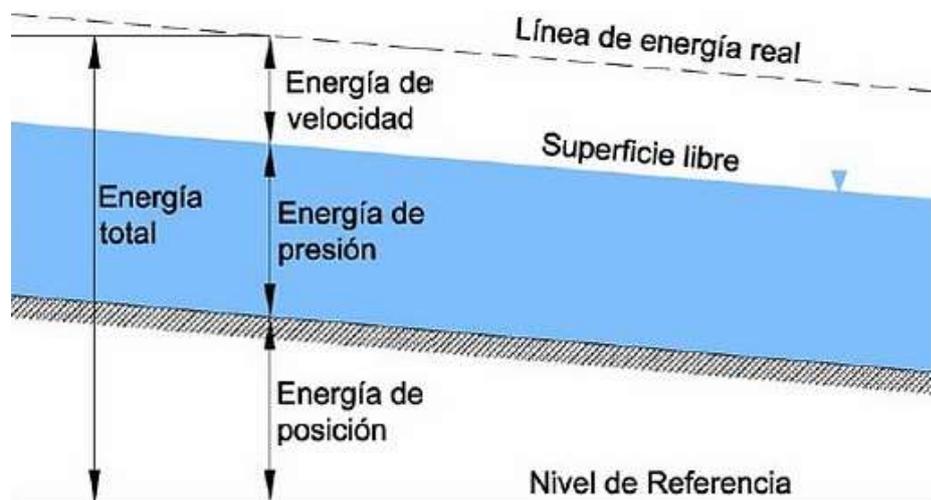
g = Aceleración de gravedad, en m/s^2 .

V = Velocidad media en la sección, en m/s .

α = Coeficiente de Coriolis para corregir el efecto de la distribución irregular de velocidades en la sección.

$\sum_1^2 h_r$ = Representa la pérdida interna de energía entre las dos secciones, en m.

Figura 3 Energía Total en una sección de un canal



Fuente: Cueva del Civil

2.1.4.6 Consideraciones Hidráulicas del canal

- **Velocidad**

La velocidad en los canales es un parámetro importante de considerar porque influye en el rendimiento que la estructura pueda llegar a tener, velocidades muy bajas producirían sedimentación en el canal lo que reduciría su sección transversal y su eficiencia ocasionando mayores gastos de conservación, por otro lado, velocidades superiores al límite producirían erosión en la estructura y de igual forma causaría alteraciones en las rasantes del canal lo que dificultaría su funcionamiento [59].

En la tabla 4 se indican las velocidades máximas recomendados las cuales están en función del material que se use para su revestimiento.

Tabla 4 Velocidades máximas recomendadas en función de las características del

suelo.

Características de los suelos	Velocidades máximas (m/s)
Canales en tierra franca	0,60
Canales en tierra arcillosa	0,90
Canales revestidos con piedra y mezcla simple	1,00
Canales con mampostería de piedra y concreto	2,00
Canales revestidos con concreto	3,00
Canales en roca:	
pizarra	1,25
areniscas consolidadas	1,50
Roca dura, granito, etc.	3 a 5

Fuente: Hidráulica de Canales de Máximo Villón Béjar.

2.1.5 Procesos de Modelamiento

Un modelo, es la representación abreviada de un sistema con el cual se puede determinar el comportamiento que tendrá en la realidad mediante predicciones cuantitativas o cualitativas de distintos escenarios [62].

2.1.6 Clasificación de los Modelos

Según Ziemińska-Stolarska & Skrzypski en [63] la clasificación para modelar los procesos que ocurren en el medio ambiente son”:

- a) Modelos físicos, que son una representación a escala de un evento.
- b) Modelos matemáticos que incluyen: modelos analíticos (con soluciones exactas de las ecuaciones de matemáticas) y modelos numéricos (utilizando soluciones aproximadas).
- c) Dependiendo de la complejidad de los modelos de simulación por computadora los modelos de calidad de agua superficial se pueden dividir en tres grupos: Modelos Unidimensionales, Bidimensionales y Tridimensionales.

2.1.6.1 Modelos Unidimensionales

Un modelo unidimensional es usado para el análisis de flujo de un curso de agua considerando solo el movimiento perpendicular a su sección transversal, despreciando las variables que puedan intervenir desde las otras direcciones, el cálculo de los parámetros hidráulicos como tirante o velocidad se realiza dividiendo el canal o río en varias secciones transversales, ingresando los valores referentes a su topografía, forma geométrica, y condiciones hidráulicas para cada una ellas [64].

2.1.7 Modelamiento Hidráulico

Una modelación hidráulica o modelación matemática de un flujo de agua se basa en la utilización de un programa el cual tiene integrado por defecto ecuaciones provenientes de estudios y ensayos científicos realizados con el objetivo de determinar distintos parámetros hidráulicos en un proyecto; como tirante, velocidad, caudal, pérdidas de energía, entre otros; facilitando la interpretación de los resultados al entregar datos más precisos y de una forma más realista [65].

2.1.8 HEC-RAS

HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center-River Analysis System) es un software de modelamiento hidráulico diseñado para cálculos unidimensionales y bidimensionales de diversos sistemas de canales naturales o artificiales, teniendo entre sus principales características el cálculo hidráulico de flujo estable e inestable; el modelo de lecho móvil de transporte de sedimentos; el análisis de la temperatura del agua; y modelado generalizado de la calidad del agua [66].

2.2 Prefactibilidad

Poder contar con infraestructuras hídricas eficientes y óptimas es importante para poder llevar de manera correcta la distribución de agua a los distintos aprovechamientos que se requieren, en materia de riego para los sistemas que son utilizados por los sectores agropecuarios y de igual forma buscando reducir las pérdidas económicas producto de las inundaciones y sequías, cabe destacar que existen algunas obras hidráulicas en la provincia pero han sufrido deterioro o colapso de su infraestructura producto de la variabilidad en los niveles de agua causados por el calentamiento global.

Con lo mencionado se puede afirmar que actualmente no se cuenta con equipos y obras necesarias para llevar el manejo del recurso en proyectos de riego de manera eficaz, lo que hace necesario la implementación de herramientas tecnológicas que ayuden a gestionarla [67], permitiendo el análisis y regulación de los niveles de agua

en las obras de conducción que tiene la provincia para su correcta distribución a los diferentes sectores productivos.

El conocimiento de los procesos hidrológicos es fundamental para llevar a cabo las obras que se necesitan. Por tanto, el uso de herramientas tecnológicas que ayuden al procesamiento de información relacionada a las precipitaciones, a los niveles y caudales diarios que se producen en las cuencas hidrográficas de la provincia, se revela como estratégico para poder realizar simulaciones de los procesos hidrológicos e hidráulicos que servirán de ayuda para la realización de los diseños y manejo del agua [68], [69].

En la actualidad gracias al avance tecnológico tenemos acceso a modelos numéricos que al igual que los modelos físicos son instrumentos eficaces en el diseño, verificación y optimización de obras hidráulicas, sin embargo, estos representan una menor inversión al momento de desarrollar un proyecto lo que lo convierte en la mejor herramienta para el diseño de obras hidráulicas [70].

Esta solución nace a partir de una investigación realizada sobre los problemas que se presentan actualmente en la provincia y de las soluciones tomadas por el gobierno provincial, buscando aportar con nuevas alternativas que ayuden a optimizar los recursos en los diseños de obras hidráulicas destinadas al riego con lo que se podrá incrementar las áreas de cultivo y la producción.

2.3 Factibilidad

El software de modelamiento hidráulico HEC-RAS se plantea como una alternativa de solución a los problemas que actualmente enfrenta la provincia en el sector agrícola por escases de obras de conducción que ayuden a reducir la cantidad de superficies no regadas.

Su uso en el área de la hidráulica de canales se centra en la simulación del flujo a lo largo de su perfil , esto le permitirá al desarrollador del proyecto experimentar en la fase de pre construcción diferentes soluciones a los posibles escenarios que se puedan presentar, haciendo posible analizar la viabilidad técnica de cada una de ellas, reduciendo costos de inversión inicial, también minimiza el tiempo que lleva el procedimiento de obtención de los datos, contribuyendo a la eficacia de todo el proceso de diseño [71].

La implementación de este software en los proyectos de diseño de obras de conducción permitirá optimizar recursos tanto hidráulicos como económicos lo que será de gran ayuda para los sectores productivos y desarrollo de la provincia, al regular de mejor manera la distribución del líquido y reduciendo los desastres producidos por

eventos climatológicos.

24 Identificación de la alternativa de solución viable para su diseño

A continuación, se explicará en la tabla 5, las problemáticas que actualmente enfrentan las obras de conducción en la provincia y la solución que se podría brindar mediante el uso del software HEC-RAS.

Tabla 5 Identificación de la alternativa de solución.

N°	Problemática	Consecuencias	Ventajas del Software
1	Inundación	Contaminación de las cuencas hidrográficas Pérdida de vidas humanas. Destrucción de zonas aledañas.	Determina el nivel de agua que se producirá en el canal a partir de sus caudales máximos Permite llevar a cabo planes de mitigación contra inundaciones a partir de la creación de mapas de riesgo. Calcula la profundidad máxima de elevación para distintos periodos de retorno.
2	Sequia	Perdidas económicas en los sectores agropecuarios. Desabastecimiento de líquido para distintos aprovechamientos. Causa efectos negativos en las estaciones de bombeo y en proyectos de generación de energía.	Permite estimar niveles bajos de agua durante periodos de estiaje. Permite visualizar las distribuciones del nivel del agua en el canal a partir de un caudal mínimo. Recrea los caudales diarios en función de los datos registrados en anuarios hidrometeorológicos
3	Contaminación	Afecta la calidad del agua en las cuencas de los ríos. Reduce las cantidades de agua que pueden ser	Realiza análisis de calidad en el agua Permite evaluar cantidades, fuentes y distribución de

		usadas para actividades agropecuarias.	parámetros de oxígeno disuelto, algas, nitratos y ortofosfatos.
4	Sedimentación	<p>Reducción de capacidad hidráulica del canal.</p> <p>Puede producir erosión dependiendo del tipo y porcentaje de partículas.</p>	<p>Permite conocer las cantidades de sedimento que fluyen en el canal.</p> <p>Brinda información sobre la composición y tamaño de los agregados (textura)</p> <p>Permite observar si hay aumento del nivel del lecho.</p>
5	Erosión	<p>Produce desgaste de la infraestructura hidráulica.</p> <p>Cambios en la morfología del cauce a lo largo del tiempo.</p>	<p>Calcula la velocidad del flujo en cada sección permitiendo modificar los parámetros de resultar este valor superior al permitido.</p> <p>Calcula la profundidad máxima de erosión.</p> <p>Identifica el régimen de flujo que se presentara a lo largo del perfil.</p>
Fuente: Autor			

3 CAPÍTULO III. DISEÑO DEFINITIVO DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

3.1 Concepción del prototipo

Se modelará un canal de sección trapezoidal, con ancho de solera 1,2 m, talud 1 y coeficiente de rugosidad de 0,014 que conducirá un caudal de 1, 5 m³/s,

El canal tiene que atravesar un perfil longitudinal de 2035 m, como se muestra en la Figura 4.

En el tramo 1435-1400, existe un puente canal, de sección rectangular, con ancho de solera de 1,35 m, cuyo detalle se muestra en la Figura 9.

3.2 Memoria técnica

Diseño de un Canal Abierto

Tabla 6 Datos Generales del Proyecto

DATOS GENERALES DEL PROYECTO	
Caudal (Q)	1.5 m ³ /s
Coefficiente de Rugosidad (n)	0.014
Gravedad (g)	9,81 m/s ²
Fuente: Autor	

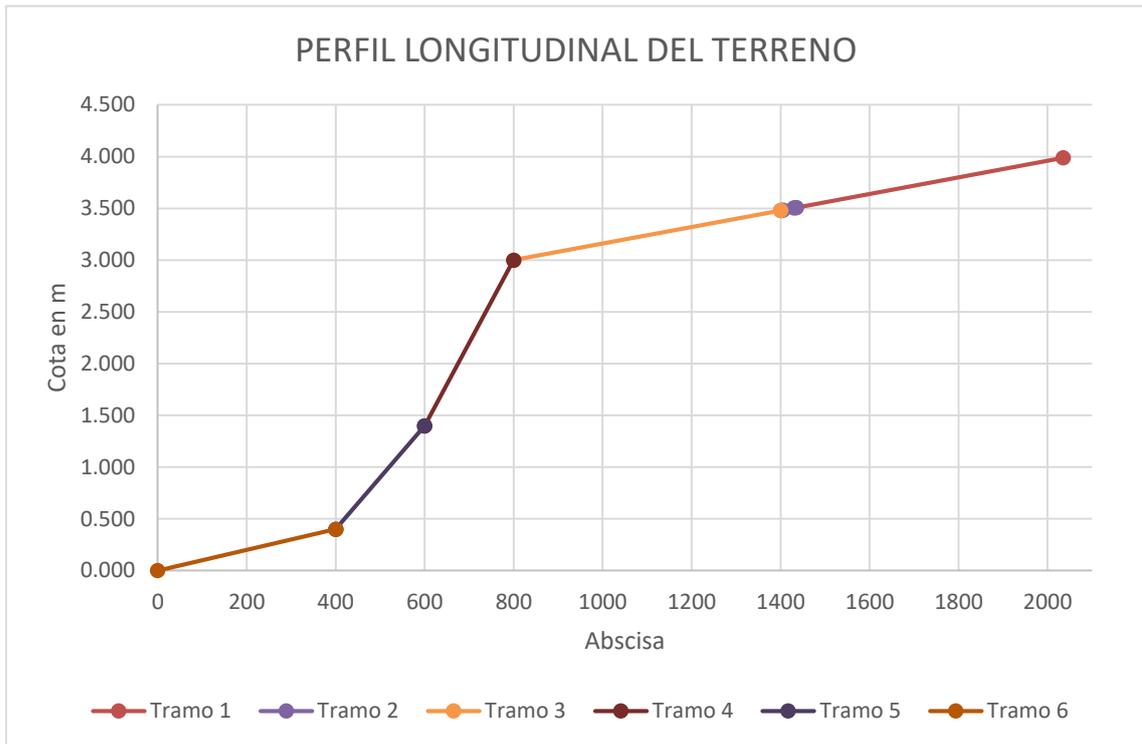
La Topografía del perfil se indicará en la tabla 7 para el detalle de las cotas y abscisas

Tabla 7 Abscisas y cotas para trazo de canal

ABSCISA	COTA EN (m)
0+000	0.000
0+400	0.400
0+600	1.400
0+800	3.000
1+400	3.480
1+405	3.484
1+430	3.504

1+435	3.508
2+035	3.988
Fuente: Autor	

Figura 4 Perfil Longitudinal del Terreno



Fuente: Autor

3.2.1 Cálculo de parámetros hidráulicos por Tramo

TRAMO 1 (km 2+035 Al km 1+435)

Tabla 8 Datos Generales para el Tramo 1

Canal Trapezoidal	
Pendiente (S)	0.0008
Talud (z)	1
Solera (b)	1.2 m
Fuente: Autor	

Figura 5 Parámetros Geométricos de una Sección Rectangular

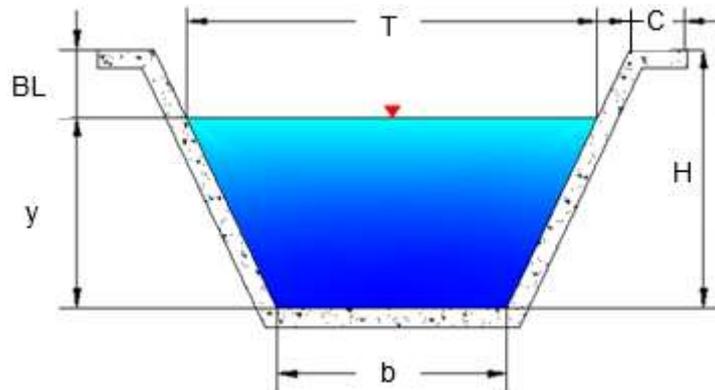


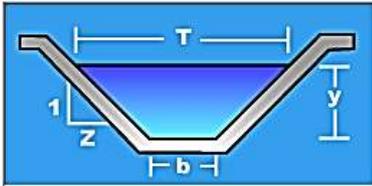
Tabla 9 Resultados de los parámetros hidráulicos del Tramo 1

Elemento	Valor	Unidad
Tirante normal (y_n)	0,699	m
Área Hidráulica (A)	1,328	m ²
Perímetro Mojado (P)	3,178	m
Espejo de agua (T)	2,599	m
Borde Libre (BL)	0,14	m
Ancho de Corona (C)	1	m
Profundidad Total (H)	0,839	m
Velocidad (v)	1,129	m/s
Numero de Froude (Fr)	0, 504	SUBCRITICO
Energía Especifica (E)	0,764	m-kg/kg
Fuente: Autor		

A continuación, se comprueba los valores obtenidos mediante el software HCANALES

Figura 6 Diseño Hidráulico del Tramo 1

Datos:	
Caudal (Q):	1.5 m ³ /s
Ancho de solera (b):	1.2 m
Talud (Z):	1
Rugosidad (n):	0.014
Pendiente (S):	0.0008 m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	0.6993 m	Perímetro (p):	3.1779 m
Área hidráulica (A):	1.3282 m ²	Radio hidráulico (R):	0.4179 m
Espejo de agua (T):	2.5986 m	Velocidad (v):	1.1293 m/s
Número de Froude (F):	0.5044	Energía específica (E):	0.7643 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico		



Calcular



Limpiar Pantalla



Imprimir



Menú Principal



Calculadora

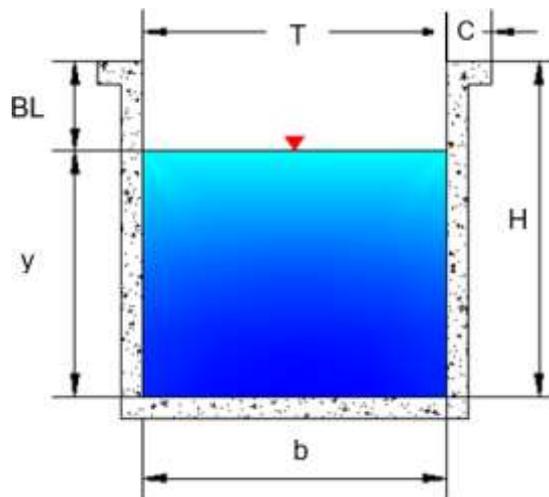
Fuente: H. CANALES

TRAMO 2 (km 1+435 Al km 1+400)

Tabla 10 Datos Generales del Tramo 2

Canal Rectangular	
Pendiente (S)	0.0008
Solera (b)	1.35 m
Fuente: Autor	

Figura 7 Parámetros Hidráulicos una Sección Rectangular



Fuente: Autor

Tabla 11 Resultados de los parámetros hidráulicos del Tramo 2

Elemento	Valor	Unidad
Tirante normal (y_n)	1,006	m
Área Hidráulica (A)	1,359	m ²
Perímetro Mojado (P)	3,363	m
Espejo de agua (T)	1,350	m
Borde Libre (BL)	0,201	m
Profundidad Total (H)	1,208	m
Ancho de Corona (C)	1	m
Velocidad (v)	1,104	m/s
Numero de Froude (Fr)	0,351	SUBCRITICO
Energía Especifica (E)	1,068	m-kg/kg
Fuente: Autor		

A continuación, se comprueba los valores obtenidos mediante el software HCANALES

Figura 8 Diseño Hidráulico del Tramo 2

Datos:

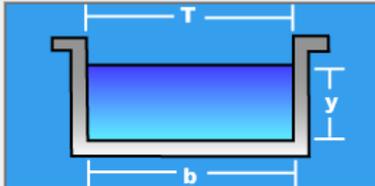
Caudal (Q): m3/s

Ancho de solera (b): m

Talud (Z):

Rugosidad (n):

Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): <input type="text" value="1.0063"/> m	Perímetro (p): <input type="text" value="3.3627"/> m
Área hidráulica (A): <input type="text" value="1.3586"/> m ²	Radio hidráulico (R): <input type="text" value="0.4040"/> m
Espejo de agua (T): <input type="text" value="1.3500"/> m	Velocidad (v): <input type="text" value="1.1041"/> m/s
Número de Froude (F): <input type="text" value="0.3514"/>	Energía específica (E): <input type="text" value="1.0685"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo: <input type="text" value="Subcrítico"/>	



Calcular



Limpiar Pantalla



Imprimir



Menú Principal

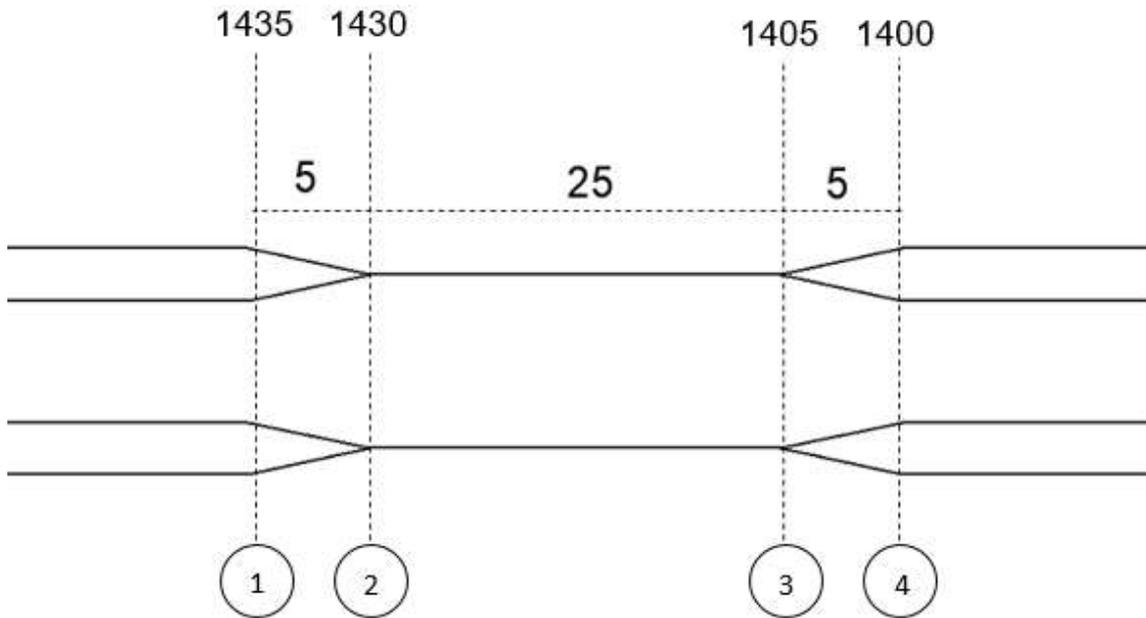


Calculadora

Fuente: HCANALES

En este tramo existirá un puente canal el cual estará conformado por una transición de entrada, un canal rectangular en la mitad y una transición de salida, como se observa en la Figura 9.

Figura 9 Detalles del Puentes Canal



Fuente: Autor

3.2.2 Diseño del Puentes Canal

Transición de Entrada (km 1+435 Al km 1+430)

La transición de entrada estará ubicada entre la sección trapezoidal del tramo 1 y la sección rectangular del tramo 2, su diseño será de forma alabeada y divergente.

Considerando que la longitud de la transición es de 5 m, para facilidad de análisis se procederá a dividirlo en 5 secciones.

Para la primera sección el cálculo del ancho de solera será:

$$b_x = b_2 + (b_1 - b_2) \frac{x}{L} \left[1 - \left(1 - \frac{x}{L} \right)^{hb} \right]$$

donde:

$$hb = 0,8 - 0,26 \times Z_1^{1/2}$$

$$hb = 0,8 - 0,26 \times (1)^{1/2}$$

$$hb = 0,54$$

Para la primera sección los datos de partida serán:

$$x = 1 \text{ m}$$

$$b_1 = 1.35 \text{ m} \quad \text{Solera del tramo}$$

$$b_2 = 1.2 \text{ m}$$

$$z_1 = 1$$

$$b_x = b_2 + (b_1 - b_2) \frac{x}{L} \left[1 - \left(1 - \frac{x}{L} \right)^{hb} \right]$$

$$b_x = 1,2 + (1,35 - 1,2) \frac{1}{5} \left[1 - \left(1 - \frac{1}{5} \right)^{0,54} \right]$$

$$b_x = 1,347 \text{ m}$$

El cálculo del talud para la sección 1

$$z_x = z_1 \left[1 - \left(1 - \frac{x}{L} \right)^{1/2} \right]$$

$$z_x = 1 \left[1 - \left(1 - \frac{1}{5} \right)^{1/2} \right]$$

$$z_x = 0,106$$

Con los datos obtenidos se calculan los parámetros hidráulicos de la sección.

Tabla 12 Resultados de los parámetros hidráulicos de la sección 1 de la transición de entrada

Elemento	Valor	Unidad
Tirante normal (y_n)	0,992	m
Área Hidráulica (A)	1,332	m ²
Perímetro Mojado (P)	3,2014	m
Espejo de agua (T)	0,416	m
Borde Libre (BL)	0,198	m
Profundidad Total (H)	1,190	m
Velocidad (v)	1,126	m/s
Numero de Froude (Fr)	0,387	SUBCRITICO

Energía Especifica (E)	0,987	m-kg/kg
Fuente: Autor		

A continuación, se comprueba los valores obtenidos mediante el software HCANALES

Figura 10 Diseño Hidráulico del Tramo 3

The screenshot displays the HCANALES software interface. On the left, under 'Datos', the following values are entered: Caudal (Q) = 1.5 m³/s, Ancho de solera (b) = 1.347 m, Talud (Z) = 0.106, Rugosidad (n) = 0.014, and Pendiente (S) = 0.0008 m/m. On the right, a diagram shows a trapezoidal channel cross-section with parameters T (top width), b (bottom width), Z (slope), and y (water depth). Below the diagram, the 'Resultados' section shows: Tirante normal (y) = 0.9220 m, Área hidráulica (A) = 1.3321 m², Espejo de agua (T) = 1.5425 m, Número de Froude (F) = 0.3869, Tipo de flujo = Subcrítico, Perímetro (p) = 3.2014 m, Radio hidráulico (R) = 0.4161 m, Velocidad (v) = 1.1260 m/s, and Energía específica (E) = 0.9867 m-Kg/Kg. At the bottom, there are icons for 'Calcular', 'Limpiar Pantalla', 'Imprimir', 'Menú Principal', and 'Calculadora'.

Fuente: HCANALES

Se realiza el mismo procedimiento para las demás secciones obteniendo:

Tabla 13 Valores de la Transición de Entrada Alabeada

x	bx	zx	yx	vx	Ex
0	1.350	0.000	1.006	1.104	1.068
1	1.347	0.106	0.922	1.127	0.987
2	1.336	0.225	0.859	1.142	0.925
3	1.315	0.368	0.809	1.150	0.876
4	1.280	0.553	0.765	1.151	0.833
5	1.200	1.000	0.699	1.130	0.764

Fuente: Autor

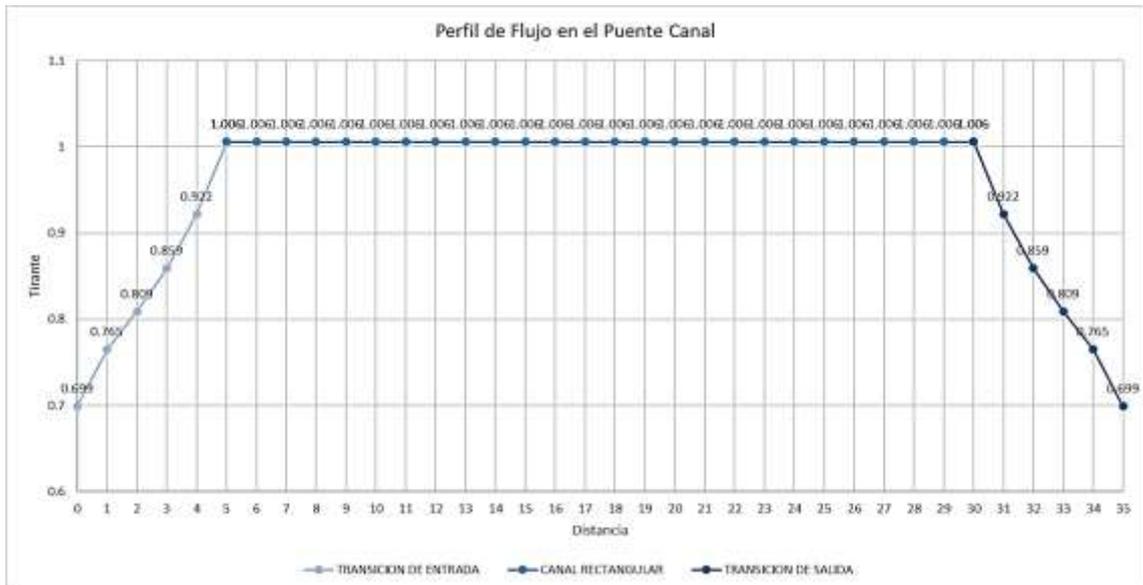
Transición de Salida (km 1+405 Al km 1+400)

La transición de salida estará ubicada entre la sección rectangular del tramo 2 y la sección trapezoidal del tramo 3, su diseño será de forma alabeada y convergente.

Se diseña de forma similar al de la transición de entrada, pero con los valores invertidos.

A continuación, se detallará el perfil de flujo en el puente canal.

Figura 11 Perfil de Flujo en el Puente Canal



Fuente: Autor

Calculo de Perdidas en el Puente Canal

Las pérdidas que se producirán en el puente canal serán por cambio de sección y por fricción.

Del Punto 1 al Punto 2 las pérdidas de Energía serán por Expansión

Su valor se determina mediante la siguiente ecuación:

$$hf_{12} = k \left(\frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} \right)$$

donde

$v_1 = 1,129 \text{ m/s}$ Velocidad en el punto 1

$v_2 = 1,104 \text{ m/s}$ Velocidad en el punto 2

$k = 0,2$ Coeficiente de perdida por transición de entrada

Reemplazando se obtiene un valor igual a:

$$hf_{12} = - 0,00057 \text{ m}$$

Del Punto 2 al Punto 3 las pérdidas de Energía serán por Fricción

Su valor se determina mediante la siguiente ecuación:

$$hf_{23} = \left(\frac{\bar{v} \cdot n}{\bar{R}^{2/3}} \right)^2 \cdot L$$

donde

$\bar{v} = 1,104 \text{ m/s}$ Velocidad Media entre el punto 2 y 3

$n = 0,014$ Coeficiente de Rugosidad

$\bar{R} = 0,404 \text{ m}$ Radio Hidráulico Medio entre el punto 2 y 3

$L = 25 \text{ m}$ Longitud del canal

Reemplazando se obtiene un valor igual a:

$$hf_{23} = 0,02 \text{ m}$$

Del Punto 3 al Punto 4 las pérdidas de Energía serán por Contracción

Su valor se determina mediante la siguiente ecuación:

$$hf_{34} = k \left(\frac{v_3^2}{2g} - \frac{v_4^2}{2g} \right)$$

donde

$v_3 = 1,104 \text{ m/s}$ Velocidad en el punto 3

$v_4 = 1,130 \text{ m/s}$ Velocidad en el punto 4

$k = 0,3$ Coeficiente de perdida por transición de salida

Reemplazando se obtiene un valor igual a:

$$hf_{34} = -0,00086 \text{ m}$$

TRAMO 3 (km 1+400 Al km 0+800)

Tabla 14 Datos Generales del Tramo 3

Canal Trapezoidal	
Pendiente (S)	0.0008
Talud (z)	1
Solera (b)	1.2 m
Fuente: Autor	

Tabla 15 Resultados de los parámetros hidráulicos del Tramo 3

Elemento	Valor	Unidad
Tirante normal (y_n)	0,699	m
Área Hidráulica (A)	1,328	m ²
Perímetro Mojado (P)	3,178	m
Espejo de agua (T)	2,599	m
Borde Libre (BL)	0,14	m
Profundidad Total (H)	0,839	m
Ancho de Corona (C)	1,000	m
Velocidad (v)	1,129	m/s
Numero de Froude (Fr)	0, 504	SUBCRITICO
Energía Especifica (E)	0,764	m-kg/kg
Fuente: Autor		

A continuación, se comprueba los valores obtenidos mediante el software HCANALES

Figura 12 Diseño Hidráulico del Tramo 4

Datos:

Caudal (Q): m³/s

Ancho de solera (b): m

Talud (Z):

Rugosidad (n):

Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): <input type="text" value="0.6993"/> m	Perímetro (p): <input type="text" value="3.1779"/> m
Área hidráulica (A): <input type="text" value="1.3282"/> m ²	Radio hidráulico (R): <input type="text" value="0.4179"/> m
Espejo de agua (T): <input type="text" value="2.5986"/> m	Velocidad (v): <input type="text" value="1.1293"/> m/s
Número de Froude (F): <input type="text" value="0.5044"/>	Energía específica (E): <input type="text" value="0.7643"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo: <input type="text" value="Subcrítico"/>	



Calcular



Limpiar Pantalla



Imprimir



Menú Principal



Calculadora

Fuente: HCANALES

En este tramo se produce una singularidad producida por un cambio de pendiente de

suave a fuerte con el tramo siguiente causando la formación de una curva de remanso aguas arriba y otra aguas abajo.

Curva de Remanso – Aguas Arriba

De acuerdo a ensayos científicos en este tramo se producirá una curva M2, la cual se calcula a partir de la sección de control que para este caso se ubicará en el punto de cambio de pendiente, hasta un tirante final igual a $y_f = 0,98 y_n$

Por medio del método de tramos directos se procederá a calcular el perfil de la curva de remanso, tomando el valor del tirante critico como valor de partida.

Para el cálculo se tomarán 10 tramos como ejemplo:

Tabla 16 Datos de Entrada para diseño de Curva M2

Datos de Entrada		
y_c	0,472 m	Tirante Critico
y_2	0,685 m	Tirante Normal del Tramo 2
n_{tramos}	10	Número de Tramos
Fuente: Autor		

Desarrolló

$$\Delta y = \frac{0,98 \cdot y_n - y_c}{n_{tramos}} = 0,021$$

Primer Tramo

$$y_1 = y_c = 0,472 \text{ m}$$

$$A_1 = by_1 + zy_1^2 = 0,789 \text{ m}^2$$

$$P_1 = b + 2y_1\sqrt{1 + z^2} = 2,535 \text{ m}$$

$$R_1 = \frac{A_1}{P_1} = 0,311 \text{ m}$$

$$v_1 = \frac{Q}{A_1} = 1,9 \text{ m/s}$$

$$E_1 = y_1 + \frac{v_1^2}{2g} = 0,656 \text{ m} \cdot \text{kg/kg}$$

$$S_{E1} = \left[\frac{v_1 \cdot n}{R_1^{2/3}} \right]^2 = 0,00335$$

Segundo Tramo

$$y_2 = y_1 + \Delta y = 0,493 \text{ m}$$

$$A_2 = by_2 + zy_2^2 = 0,836 \text{ m}^2$$

$$P_2 = b + 2y_2\sqrt{1 + z^2} = 2,596 \text{ m}$$

$$R_2 = \frac{A_2}{P_2} = 0,322 \text{ m}$$

$$v_2 = \frac{Q}{A_2} = 1,795 \text{ m/s}$$

$$E_2 = y_2 + \frac{v_2^2}{2g} = 0,658 \text{ m} \cdot \text{kg/kg}$$

$$S_{E2} = \left[\frac{v_2 \cdot n}{R_2^{2/3}} \right]^2 = 0,00286$$

$$\overline{S_E} = \frac{S_{E1} + S_{E2}}{2} = 0,0031$$

$$\Delta x = \frac{E_2 - E_1}{S_0 - \overline{S_E}} = -0,726 \text{ m}$$

Se realiza el mismo procedimiento para los demás tramos obteniendo los valores que se mostraran en la tabla 17.

Tabla 17 Datos del Perfil de la Curva de Remanso Aguas Arriba

y	A	T	R	v = Q/A	$S_E = (nv/R^{2/3})^2$	$1 - (Q^2T/gA^3)$	$S_0 - S_E$	f(y)	$\Delta x = A$	x
0.472	0.789	2.144	0.311	1.901	0.00336	0.000	-0.00256	0.183	0.000	0.000
0.493	0.835	2.187	0.322	1.796	0.00287	0.140	-0.00207	-67.542	-0.717	-0.717
0.515	0.882	2.229	0.332	1.700	0.00246	0.256	-0.00166	-153.883	-2.358	-3.076
0.536	0.930	2.272	0.343	1.612	0.00213	0.353	-0.00133	-266.007	-4.472	-7.547
0.557	0.979	2.314	0.353	1.532	0.00185	0.434	-0.00105	-415.378	-7.257	-14.804
0.579	1.029	2.357	0.363	1.458	0.00161	0.504	-0.00081	-621.543	-11.043	-25.847
0.600	1.080	2.400	0.373	1.390	0.00141	0.563	-0.00061	-920.788	-16.426	-42.273
0.621	1.131	2.442	0.383	1.326	0.00124	0.613	-0.00044	-1388.933	-24.599	-66.872
0.642	1.184	2.485	0.392	1.267	0.00110	0.656	-0.00030	-2215.313	-38.385	-105.257
0.664	1.237	2.527	0.402	1.213	0.00097	0.694	-0.00017	-4042.321	-66.644	-171.901
0.685	1.291	2.570	0.412	1.162	0.00086	0.726	-0.00006	-11337.986	-163.800	-335.701

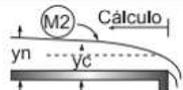
Fuente: Autor

Con los valores obtenidos se determina las características principales de la curva de remanso:

- Se localiza en la zona 2 al encontrarse sus valores de tirante real comprendidos entre el tirante normal y el crítico
- El tipo de perfil es M al ocurrir la singularidad en un pendiente suave con tendencia a disminuir su tirante al acercarse a un rápida.

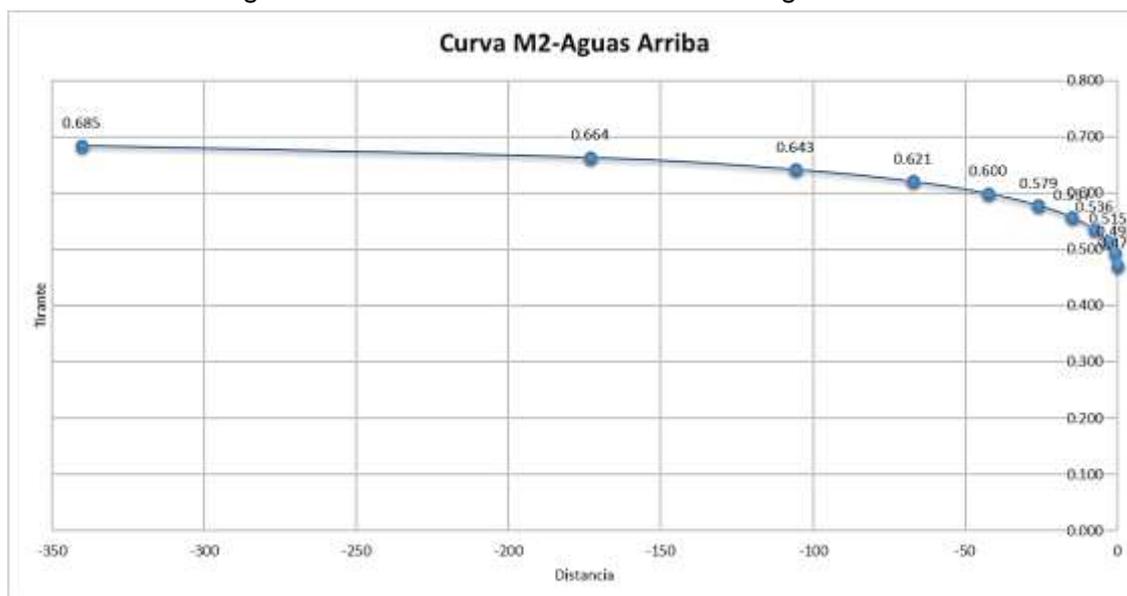
Cumpliendo con las condiciones que se observan en la Figura 13 se concluye que la curva es una M2.

Figura 13 Condiciones de curva M2

Pendiente del canal	Relaciones de tirante	$\frac{dy}{dx}$	Prof. en el sent. de la corriente	Curva	Tipo de flujo	Forma del perfil y sentido de cálculo
Suave $0 < S < S_c$	$y_n > y > y_c$	$\frac{dy}{dx} = -$ $+$	Disminuye	M ₂	Subcrítico	

Fuente: Máximo Villon

Figura 14 Perfil de la Curva de Remanso Aguas Arriba



Fuente: Autor

Tramo 4 (km 0+800 Al km 0+600)

Tabla 18 Datos Generales del Tramo 4

Canal Trapezoidal	
Pendiente (S)	0.008
Talud (z)	1
Solera (b)	1.2 m
Fuente: Autor	

Tabla 19 Resultados de los parámetros hidráulicos del Tramo 4

Elemento	Valor	Unidad
Tirante normal (y_n)	0,369	m
Área Hidráulica (A)	0,579	m ²
Perímetro Mojado (P)	2,244	m
Espejo de agua (T)	1,938	m
Borde Libre (BL)	0,074	m
Profundidad Total (H)	0,443	m
Ancho de Corona (C)	1,000	m

Velocidad (v)	2,590	m/s
Numero de Froude (Fr)	0,513	SUPERCRITICO
Energía Especifica (E)	0,711	m-kg/kg
Fuente: Autor		

A continuación, se comprueba los valores obtenidos mediante el software HCANALES

Figura 15 Diseño Hidráulico del Tramo 4

Datos:

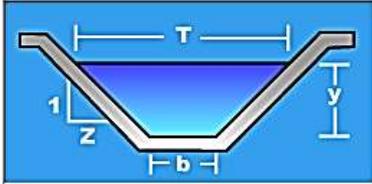
Caudal (Q): m3/s

Ancho de solera (b): m

Talud (Z):

Rugosidad (n):

Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): <input type="text" value="0.3691"/> m	Perímetro (p): <input type="text" value="2.2440"/> m
Área hidráulica (A): <input type="text" value="0.5792"/> m ²	Radio hidráulico (R): <input type="text" value="0.2581"/> m
Espejo de agua (T): <input type="text" value="1.9382"/> m	Velocidad (v): <input type="text" value="2.5899"/> m/s
Número de Froude (F): <input type="text" value="1.5126"/>	Energía específica (E): <input type="text" value="0.7110"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo: <input type="text" value="Supercrítico"/>	



Calcular



Limpiar Pantalla



Imprimir



Menú Principal



Calculadora

Fuente: HCANALES

Curva de Remanso – Aguas Abajo

De acuerdo a ensayos científicos en este tramo se producirá una curva S2, la cual se calcula a partir de la sección de control que para este caso se ubicará en el punto de cambio de pendiente, hasta un tirante final igual a $y_f = 1,02 y_n$

Por medio del método de tramos directos se procede a calcular el perfil de la curva de remanso, tomando el valor del tirante crítico como valor de partida.

Para el cálculo se tomarán 10 tramos como ejemplo.

Tabla 20 Datos de Entrada para diseño de Curva S2

Datos de Entrada		
y_c	0,472 m	Tirante Critico
y_2	0,377 m	Tirante Normal del Tramo 3
n_{tramos}	10	Número de Tramos
Fuente: Autor		

Desarrolló

$$\Delta y = \frac{1,02 \cdot y_n - y_c}{n_{tramos}} = -0,009 \text{ m}$$

Primer Tramo

$$y_1 = y_c = 0,472 \text{ m}$$

$$A_1 = by_1 + zy_1^2 = 0,789 \text{ m}^2$$

$$P_1 = b + 2y_1\sqrt{1 + z^2} = 2,535 \text{ m}$$

$$R_1 = \frac{A_1}{P_1} = 0,311 \text{ m}$$

$$v_1 = \frac{Q}{A_1} = 1,9 \text{ m/s}$$

$$E_1 = y_1 + \frac{v_1^2}{2g} = 0,656 \text{ m} \cdot \text{kg/kg}$$

$$S_{E1} = \left[\frac{v_1 \cdot n}{R_1^{2/3}} \right]^2 = 0,00335$$

Segundo Tramo

$$y_2 = y_1 + \Delta y = 0,463 \text{ m}$$

$$A_2 = by_2 + zy_2^2 = 0,769 \text{ m}^2$$

$$P_2 = b + 2y_2\sqrt{1 + z^2} = 2,508 \text{ m}$$

$$R_2 = \frac{A_2}{P_2} = 0,307 \text{ m}$$

$$v_2 = \frac{Q}{A_2} = 1,951 \text{ m/s}$$

$$E_2 = y_2 + \frac{v_2^2}{2g} = 0,656 \text{ m} \cdot \text{kg/kg}$$

$$S_{E2} = \left[\frac{v_2 \cdot n}{R_2^{2/3}} \right]^2 = 0,00361$$

$$\overline{S_E} = \frac{S_{E1} + S_{E2}}{2} = 0,0035$$

$$\Delta x = \frac{E_2 - E_1}{S_0 - \overline{S_E}} = 0,078 \text{ m}$$

Se realiza el mismo procedimiento para los demás tramos obteniendo los valores que se mostraran en la tabla 21.

Tabla 21 Datos del Perfil de la Curva de Remanso Aguas Abajo

y	A	T	R	v = Q/A	$S_E = (nv/R^{2/3})^2$	$1 - (Q^2T/gA^3)$	$S_0 - S_E$	f(y)	$\Delta x = A$	x
0.472	0.789	2.144	0.311	1.900	0.00335	0.000	0.00465	0.054	0.000	0.000
0.463	0.769	2.125	0.307	1.951	0.00361	-0.072	0.00439	-16.352	0.078	0.078
0.453	0.749	2.106	0.302	2.003	0.00389	-0.151	0.00411	-36.606	0.253	0.331
0.443	0.729	2.087	0.297	2.058	0.00419	-0.237	0.00381	-62.196	0.472	0.803
0.434	0.709	2.068	0.292	2.116	0.00453	-0.331	0.00347	-95.484	0.754	1.557
0.424	0.689	2.049	0.287	2.176	0.00490	-0.435	0.00310	-140.473	1.128	2.685
0.415	0.670	2.029	0.282	2.240	0.00531	-0.550	0.00269	-204.519	1.649	4.334
0.405	0.650	2.010	0.277	2.306	0.00577	-0.676	0.00223	-302.775	2.425	6.759
0.396	0.631	1.991	0.272	2.376	0.00627	-0.816	0.00173	-472.252	3.705	10.463
0.386	0.612	1.972	0.267	2.450	0.00684	-0.970	0.00116	-833.483	6.241	16.705
0.377	0.594	1.953	0.262	2.527	0.00746	-1.142	0.00054	-2130.994	14.170	30.875

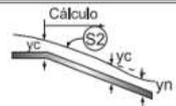
Fuente: Autor

Con los valores obtenidos se puede identificar las características principales de la curva de remanso:

- Se localiza en la zona 2 al encontrarse sus valores de tirante real comprendidos entre el tirante normal y el crítico.
- El tipo de perfil es S al ocurrir la singularidad aguas abajo de un cambio de pendiente de suave a fuerte.

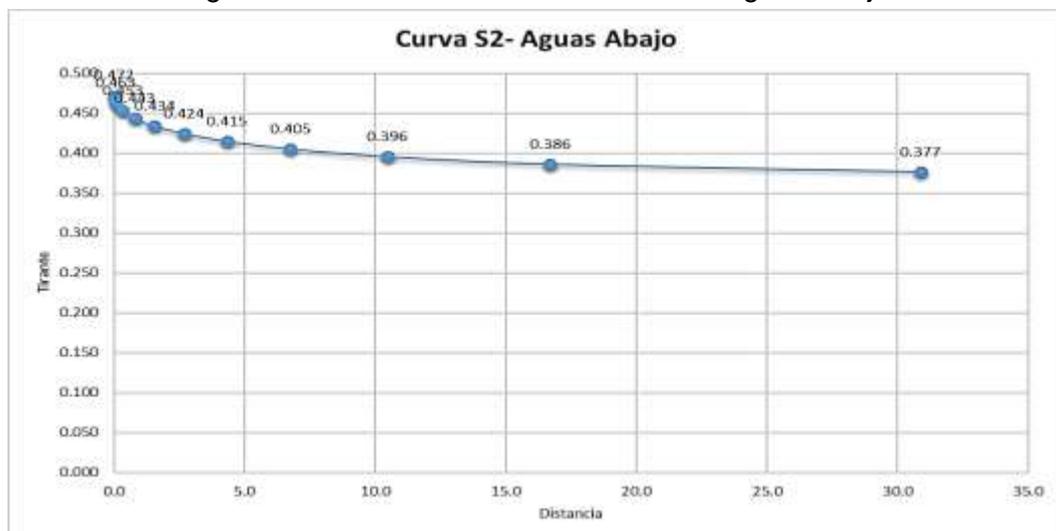
Cumpliendo con las condiciones que se observan en la Figura 16 se concluye que la curva es una S2.

Figura 16 Condiciones de curva S2

Pendiente del canal	Relaciones de tirante	$\frac{dy}{dx}$	Prof. en el sent. de la corriente	Curva	Tipo de flujo	Forma del perfil y sentido de cálculo
Fuerte $S > S_c > 0$	$y_c > y > y_n$	$\frac{+}{-} = -$	Disminuye	S_2	Supercrítico	

Fuente: Máximo Villon

Figura 17 Perfil de la Curva de Remanso Aguas Abajo



Fuente: Autor

TRAMO 5 (km 0+600 Al km 0+400)

Tabla 22 Datos Generales del Tramo 5

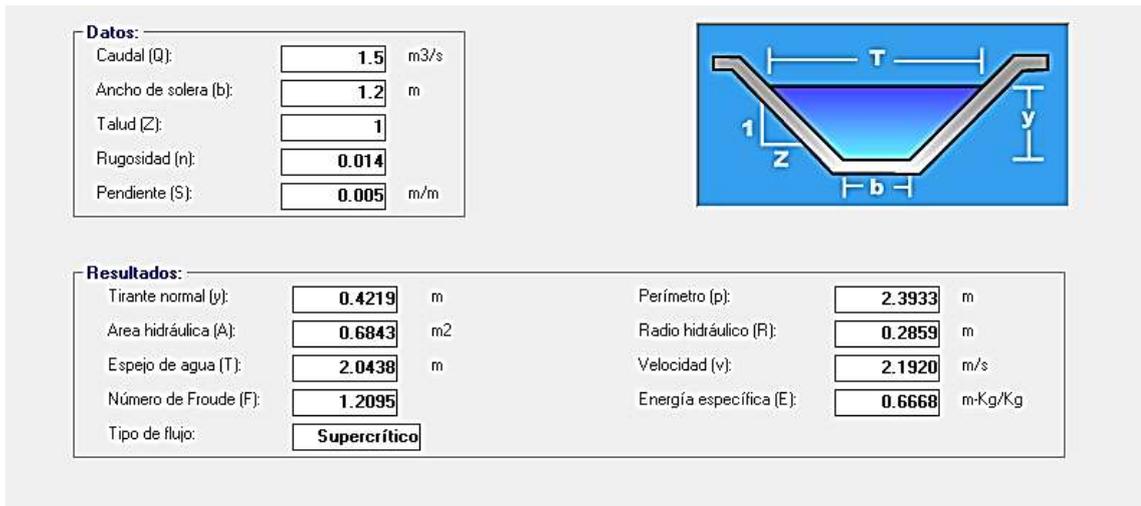
Canal Trapezoidal	
Pendiente (S)	0.005
Talud (z)	1
Solera (b)	1.2 m
Fuente: Autor	

Tabla 23 Resultados de los parámetros hidráulicos del Tramo 5

Elemento	Valor	Unidad
Tirante normal (y_n)	0,422	m
Área Hidráulica (A)	0,684	m ²
Perímetro Mojado (P)	2,393	m
Espejo de agua (T)	2,044	m
Borde Libre (BL)	0,084	m
Profundidad Total (H)	0,506	m
Ancho de Corona (C)	1,000	m
Velocidad (v)	2,192	m/s
Numero de Froude (Fr)	1,210	SUPERCRITICO
Energía Especifica (E)	0,667	m-kg/kg
Fuente: Autor		

A continuación, se comprueba los valores obtenidos mediante el software HCANALES

Figura 18 Diseño Hidráulico del Tramo 5



Fuente: HCANALES

Presentándose un flujo supercrítico en el tramo, el cambio de pendiente de fuerte a una menos fuerte ocasionará una curva de remanso al inicio del tramo de menor pendiente, este cálculo parte de la sección de control con un tirante real aguas arriba hasta un $0,98y_n$ aguas abajo.

Por medio del método de tramos directos se procede a calcular el perfil de la curva de remanso, tomando el valor del tirante crítico como valor de partida.

Para el cálculo se tomarán 10 tramos como ejemplo:

Tabla 24 Datos de Entrada para diseño de Curva S3

Datos de Entrada		
y_c	0,369 m	Tirante Normal del tramo 4
y_2	0,422 m	Tirante Normal del Tramo 5
n_{tramos}	10	Número de Tramos
Fuente: Autor		

Desarrolló

$$\Delta y = \frac{0,98 \cdot y_n - y_n}{n_{tramos}} = 0,004 \text{ m}$$

Primer Tramo

$$y_1 = y_n = 0,369 \text{ m}$$

$$A_1 = by_1 + zy_1^2 = 0,579 \text{ m}^2$$

$$P_1 = b + 2y_1\sqrt{1 + z^2} = 2,244 \text{ m}$$

$$R_1 = \frac{A_1}{P_1} = 0,258 \text{ m}$$

$$v_1 = \frac{Q}{A_1} = 2,59 \text{ m/s}$$

$$E_1 = y_1 + \frac{v_1^2}{2g} = 0,711 \text{ m} \cdot \text{kg/kg}$$

$$S_{E1} = \left[\frac{v_1 \cdot n}{R_1^{2/3}} \right]^2 = 0,008$$

Segundo Tramo

$$y_2 = y_1 + \Delta y = 0,374 \text{ m}$$

$$A_2 = by_2 + zy_2^2 = 0,588 \text{ m}^2$$

$$P_2 = b + 2y_2\sqrt{1 + z^2} = 2,257 \text{ m}$$

$$R_2 = \frac{A_2}{P_2} = 0,26 \text{ m}$$

$$v_2 = \frac{Q}{A_2} = 2,552 \text{ m/s}$$

$$E_2 = y_2 + \frac{v_2^2}{2g} = 0,705 \text{ m} \cdot \text{kg/kg}$$

$$S_{E2} = \left[\frac{v_2 \cdot n}{R_2^{2/3}} \right]^2 = 0,00767$$

$$\overline{S_E} = \frac{S_{E1} + S_{E2}}{2} = 0,0078$$

$$\Delta x = \frac{E_2 - E_1}{S_0 - \overline{S_E}} = 1,929 \text{ m}$$

Se realiza el mismo procedimiento para los demás tramos obteniendo los valores que se mostraran en la tabla 25.

Tabla 25 Datos del Perfil de la Curva de Remanso Aguas Abajo

y	A	T	R	v = Q/A	S _E = (nv/R ^{2/3}) ²	1-(Q ² T/gA ³)	S ₀ - S _E	f(y)	Δx = A	x
0.369	0.579	1.938	0.258	2.591	0.00801	-1.290	-0.00301	428.914	0.000	0.000
0.373	0.588	1.947	0.260	2.553	0.00768	-1.202	-0.00268	447.915	1.929	1.929
0.378	0.596	1.956	0.263	2.516	0.00737	-1.118	-0.00237	470.689	2.021	3.950
0.382	0.605	1.964	0.265	2.480	0.00708	-1.037	-0.00208	498.494	2.132	6.082
0.387	0.613	1.973	0.267	2.445	0.00680	-0.961	-0.00180	533.213	2.270	8.352
0.391	0.622	1.982	0.270	2.411	0.00654	-0.888	-0.00154	577.801	2.444	10.796
0.395	0.631	1.991	0.272	2.378	0.00629	-0.819	-0.00129	637.175	2.673	13.469
0.400	0.640	2.000	0.274	2.345	0.00605	-0.753	-0.00105	720.167	2.986	16.455
0.404	0.648	2.008	0.277	2.313	0.00582	-0.690	-0.00082	844.390	3.442	19.897
0.409	0.657	2.017	0.279	2.282	0.00560	-0.629	-0.00060	1050.749	4.169	24.067
0.413	0.666	2.026	0.281	2.252	0.00539	-0.572	-0.00039	1460.983	5.526	29.592

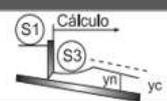
Fuente: Autor

Con los valores obtenidos se puede identificar las características principales de la curva de remanso:

- Se localiza en la zona 3 al encontrarse sus valores de tirante real comprendidos entre el tirante normal y el crítico.
- El tipo de perfil es S al ocurrir la singularidad aguas abajo de un cambio de pendiente de una fuerte a otra menos fuerte.

Cumpliendo con las condiciones que se observan en la Figura 19 se concluye que la curva es una S3.

Figura 19 Condiciones de curva S3

Pendiente del canal	Relaciones de tirante	$\frac{dy}{dx}$	Prof. en el sent. de la corriente	Curva	Tipo de flujo	Forma del perfil y sentido de cálculo
Fuerte $S > S_c > 0$	$y_c > y_n > y$	$-$ $- = +$ $-$	Aumenta	S_3	Supercrítico	

Fuente: Máximo Villon

Figura 20 Perfil de la Curva de Remanso Aguas Abajo



Fuente: Autor

En el tramo siguiente ocurre un cambio de pendiente de fuerte a suave por lo tanto se puede deducir que:

- El tirante del siguiente tramo es mayor que el que tendrá en la pendiente fuerte.
- Se producirá un cambio en el régimen de flujo de supercrítico a subcrítico y para que esto suceda se debe producir un resalto hidráulico.

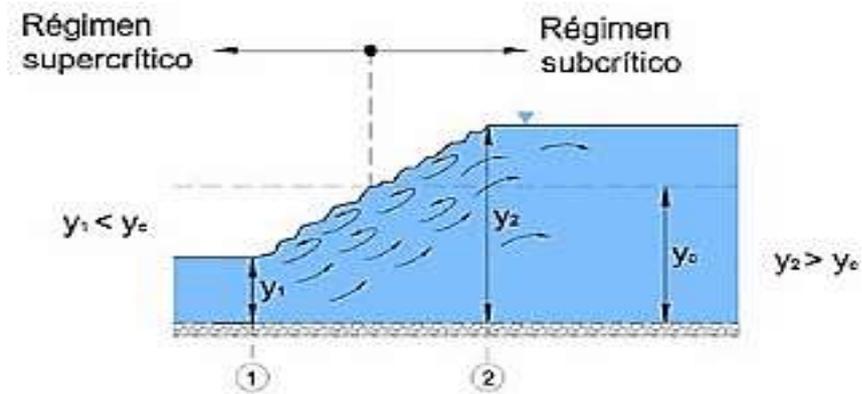
3.2.3 Cálculo del Resalto Hidráulico

Determinar la ubicación del resalto hidráulico es un dato importante de conocer y se lo determina a partir de sus tirantes conjugados que representan el inicio y el final del fenómeno local.

El primer valor a calcular será el de su tirante conjugado mayor. Para realizar este

cálculo se partirá del valor del tirante normal del tramo de mayor pendiente como conjugado menor (y_1)

Figura 21 Resalto Hidráulico



Fuente: Hidráulica Central

Datos

$y_1 = 0,422$ m Tirante Conjugado Menor

$z = 1$ Talud

$b = 1,2$ m Solera

Para una sección trapezoidal la ecuación que le corresponde es la siguiente:

$$J^4 + \frac{5t + 2}{2} J^3 + \frac{(3t + 2)(t + 1)}{2} J^2 + \left[\frac{t^2}{2} + (t + 6r)(t + 1) \right] J - 6r(t + 1)^2 = 0$$

donde

$$J = \frac{y_2}{y_1}$$

$$r = \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot y_1}$$

$$t = \frac{b}{z \cdot y_1}$$

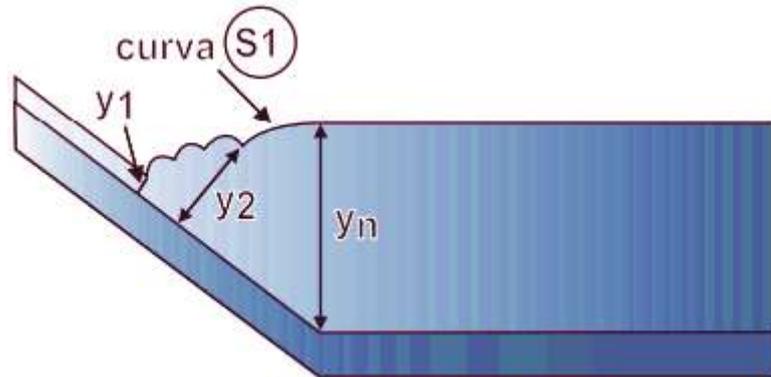
Reemplazando los datos en la ecuación para una sección trapezoidal se obtiene el valor del tirante conjugado mayor.

$y_2 = 0,638$ m Tirante Conjugado Mayor

Su valor resulto menor al del tirante normal del tramo de menor pendiente que equivale

a 0,659 m; por lo tanto, el resalto es ahogado y se ubicara en el tramo de mayor pendiente, como se observa en la Figura 22.

Figura 22 Resalto ahogado



Fuente: Máximo Villon

Una vez conocido sus tirantes conjugados se procede a determinar el resto de valores

Longitud del Resalto

Se determinará a partir de la siguiente formula

$$L = k(y_2 - y_1)$$

donde:

$y_1 = 0,422$ m Tirante Conjugado Menor

$y_2 = 0,638$ m Tirante Conjugado Mayor

$k = 10,6$ Valor para un Talud equivalente a 1

Reemplazando los valores en la formula se obtiene un valor de Longitud de resalto equivalente a:

$$L = 2,289 \text{ m}$$

Como se pudo observar en la Figura 22 despues del resalto y antes del tirante normal se presenta un curva S1, que une al tirante conjugado mayor del tramo de mayor pendiente con el tirante normal del tramo de menor pendiente.

Por medio del método de tramos directos procederemos a calcular el perfil de la curva de remanso, tomando el valor el valor del tirante normal del tramo de menor pendiente como valor de partida.

Para el cálculo se tomarán 10 tramos como ejemplo:

Tabla 26 Datos de Entrada para diseño de Curva S1

Datos de Entrada		
y_1	0,659 m	Tirante Conjugado Mayor
y_2	0,638 m	Tirante Normal del Tramo 6
n_{tramos}	10	Número de Tramos
Fuente: Autor		

Desarrolló

$$\Delta y = \frac{y_2 - y_1}{n_{tramos}} = -0,002 \text{ m}$$

Primer Tramo

$$y_1 = 0,659 \text{ m}$$

$$A_1 = by_1 + zy_1^2 = 1,225 \text{ m}^2$$

$$P_1 = b + 2y_1\sqrt{1+z^2} = 3,064 \text{ m}$$

$$R_1 = \frac{A_1}{P_1} = 0,4 \text{ m}$$

$$v_1 = \frac{Q}{A_1} = 1,224 \text{ m/s}$$

$$E_1 = y_1 + \frac{v_1^2}{2g} = 0,735 \text{ m} \cdot \text{kg/kg}$$

$$S_{E1} = \left[\frac{v_1 \cdot n}{R_1^{2/3}} \right]^2 = 0,001$$

Segundo Tramo

$$y_2 = y_1 + \Delta y = 0,657 \text{ m}$$

$$A_2 = by_2 + zy_2^2 = 1,22 \text{ m}^2$$

$$P_2 = b + 2y_2\sqrt{1+z^2} = 3,058 \text{ m}$$

$$R_2 = \frac{A_2}{P_2} = 0,399 \text{ m}$$

$$v_2 = \frac{Q}{A_2} = 1,23 \text{ m/s}$$

$$E_2 = y_2 + \frac{v_2^2}{2g} = 0,734 \text{ m} \cdot \text{kg/kg}$$

$$S_{E2} = \left[\frac{v_2 \cdot n}{R_2^{2/3}} \right]^2 = 0,00101$$

$$\bar{S}_E = \frac{S_{E1} + S_{E2}}{2} = 0,001$$

$$\Delta x = \frac{E_2 - E_1}{S_0 - \bar{S}_E} = -0,359 \text{ m}$$

Realizamos el mismo procedimiento para los demás tramos obteniendo los valores que se mostraran en la tabla 27.

Tabla 27 Datos del Perfil de la Curva de Remanso Aguas Arriba

y	A	T	R	v = Q/A	$S_E = (nv/R^{2/3})^2$	$1-(Q^2T/gA^3)$	$S_o - S_E$	f(y)	$\Delta x = A$	x
0.659	1.225	2.518	0.400	1.224	0.00100	0.686	0.00400	171.368	0.000	0.000
0.657	1.220	2.514	0.399	1.230	0.00101	0.682	0.00399	170.983	-0.359	-0.359
0.655	1.215	2.510	0.398	1.235	0.00102	0.679	0.00398	170.591	-0.359	-0.718
0.653	1.209	2.505	0.397	1.240	0.00103	0.675	0.00397	170.191	-0.358	-1.076
0.651	1.204	2.501	0.396	1.246	0.00105	0.671	0.00395	169.782	-0.357	-1.433
0.649	1.199	2.497	0.395	1.251	0.00106	0.668	0.00394	169.366	-0.356	-1.789
0.646	1.194	2.493	0.394	1.257	0.00107	0.664	0.00393	168.941	-0.355	-2.144
0.644	1.188	2.489	0.393	1.262	0.00108	0.660	0.00392	168.508	-0.354	-2.499
0.642	1.183	2.484	0.392	1.268	0.00110	0.656	0.00390	168.066	-0.353	-2.852
0.640	1.178	2.480	0.391	1.274	0.00111	0.652	0.00389	167.614	-0.352	-3.204
0.638	1.173	2.476	0.390	1.279	0.00112	0.648	0.00388	167.153	-0.352	-3.556

Fuente: Autor

Figura 23 Perfil de la Curva de Remanso Aguas Abajo



Fuente: Autor

Tramo 6 (km 0+400 Al km 0+000)

Tabla 28 Datos Generales del Tramo 6

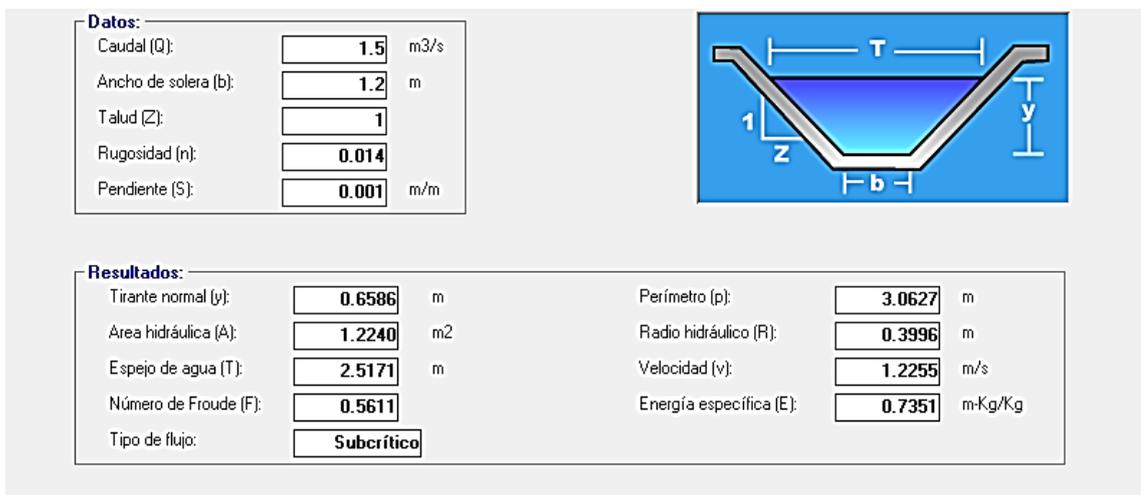
Canal Trapezoidal	
Pendiente (S)	0.001
Talud (z)	1
Solera (b)	1.2 m
Fuente: Autor	

Tabla 29 Resultados de los parámetros hidráulicos del Tramo 6

Elemento	Valor	Unidad
Tirante normal (y_n)	0,659	m
Área Hidráulica (A)	1,224	m ²
Perímetro Mojado (P)	3,063	m
Espejo de agua (T)	2,517	m
Borde Libre (BL)	0,132	m
Profundidad Total (H)	0,790	m
Ancho de Corona (C)	1,000	m
Velocidad (v)	1,226	m/s
Numero de Froude (Fr)	0,561	SUBCRITICO
Energía Especifica (E)	0,735	m-kg/kg
Fuente: Autor		

A continuación, se comprueba los valores obtenidos mediante el software HCANALES

Figura 24 Diseño Hidráulico del Tramo 6



Fuente: HCANALES

3.3 Modelamiento en HEC-RAS

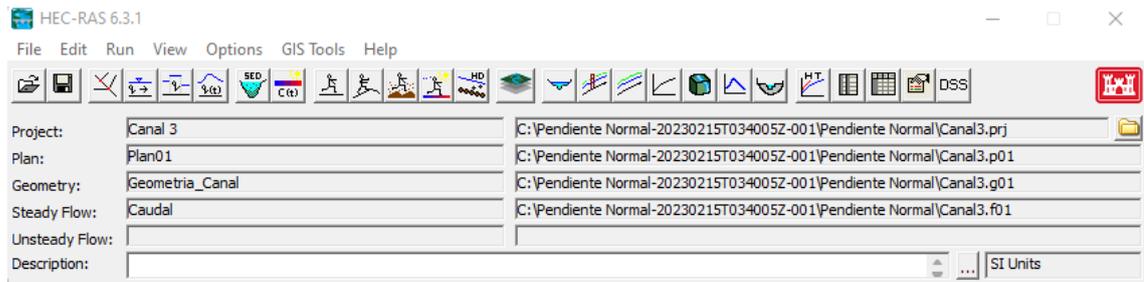
Una vez determinado la geometría y parámetros hidráulicos de las secciones del canal

se procede a ingresar esa información en el software para llevar a cabo la modelación.

3.3.1 Generación de datos en el Software

Para crear un proyecto, el programa requiere que se defina primero el nombre del proyecto, seguido de una geometría, condiciones de flujo y por ultimo un plan de flujo como se detalla en la ilustración.

Figura 25 Creación del Proyecto

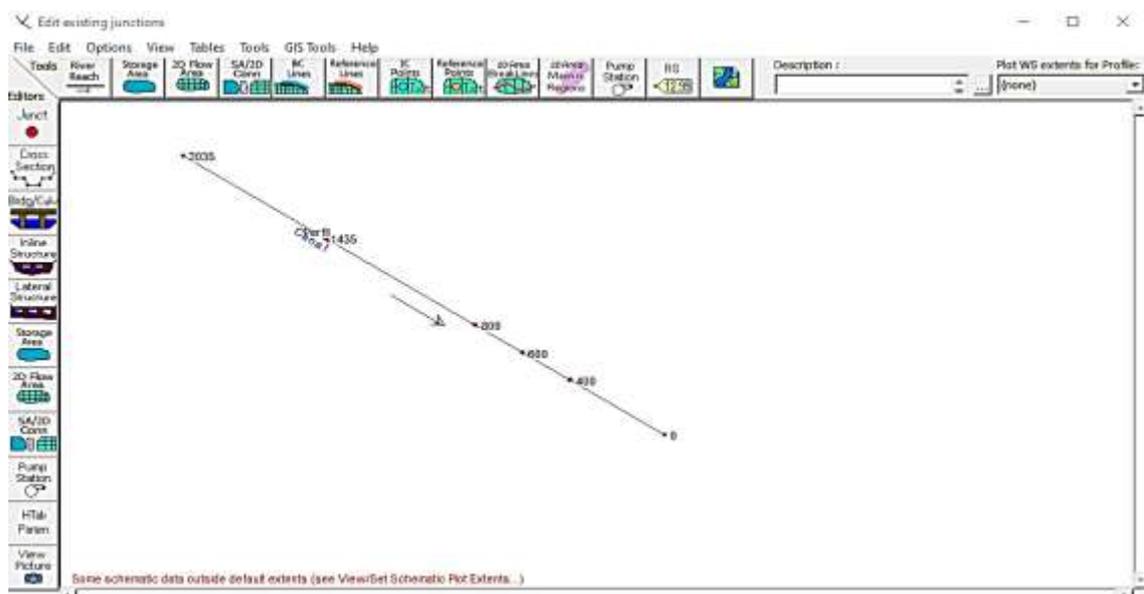


Fuente: HEC-RAS

La geometría del canal se da a través de la creación de secciones a lo largo de su perfil longitudinal, esta información se debe ingresar por medio de coordenadas en las cuales ya deberá estar considerado las diferencias de nivel entre estaciones

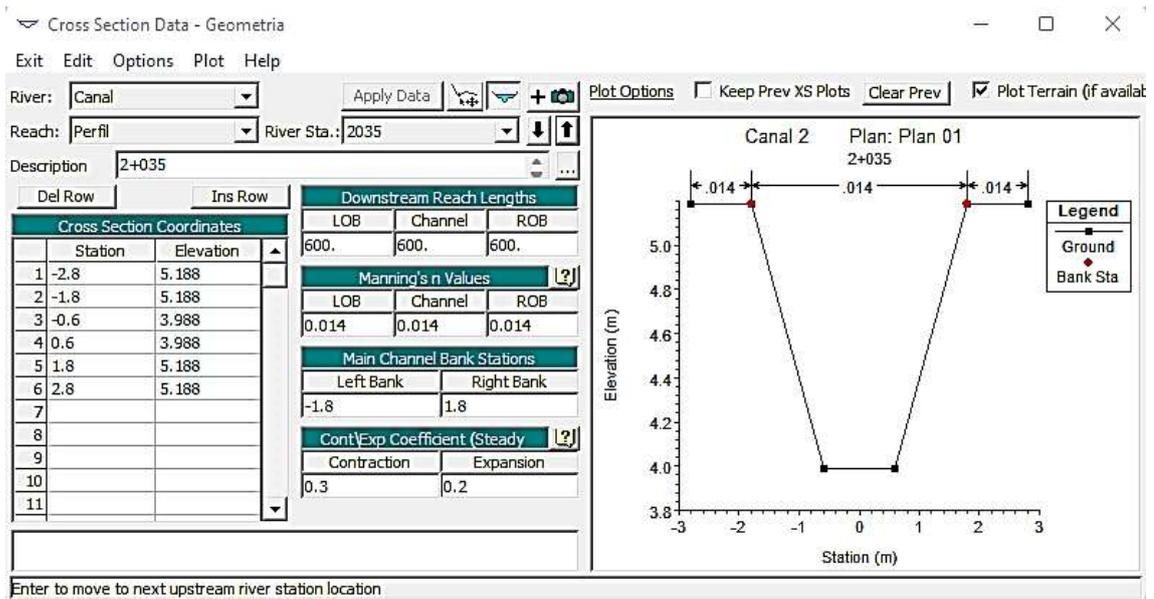
Se debe priorizar la información relacionada a la geometría, asegurando que esta represente fielmente al modelo que se desea simular, tomando en consideración todas las estructuras que intervienen en su funcionamiento [72].

Figura 26 Creación del perfil longitudinal



Fuente: HEC-RAS

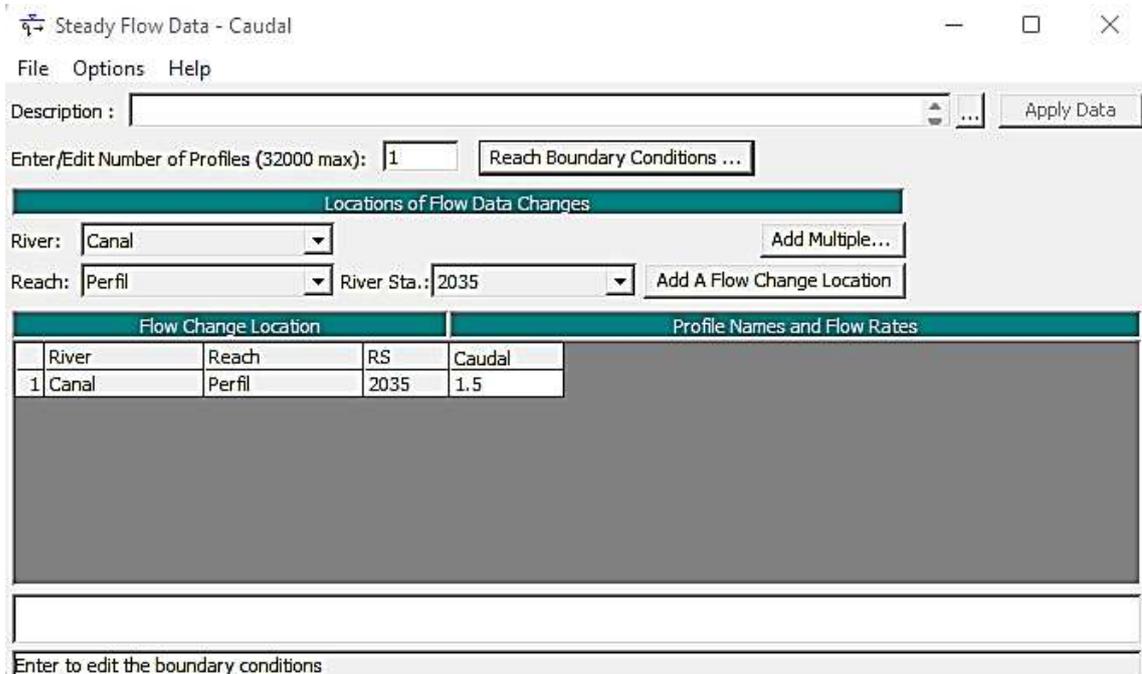
Figura 27 Ingreso de Coordenadas en la estación



Fuente: HEC-RAS

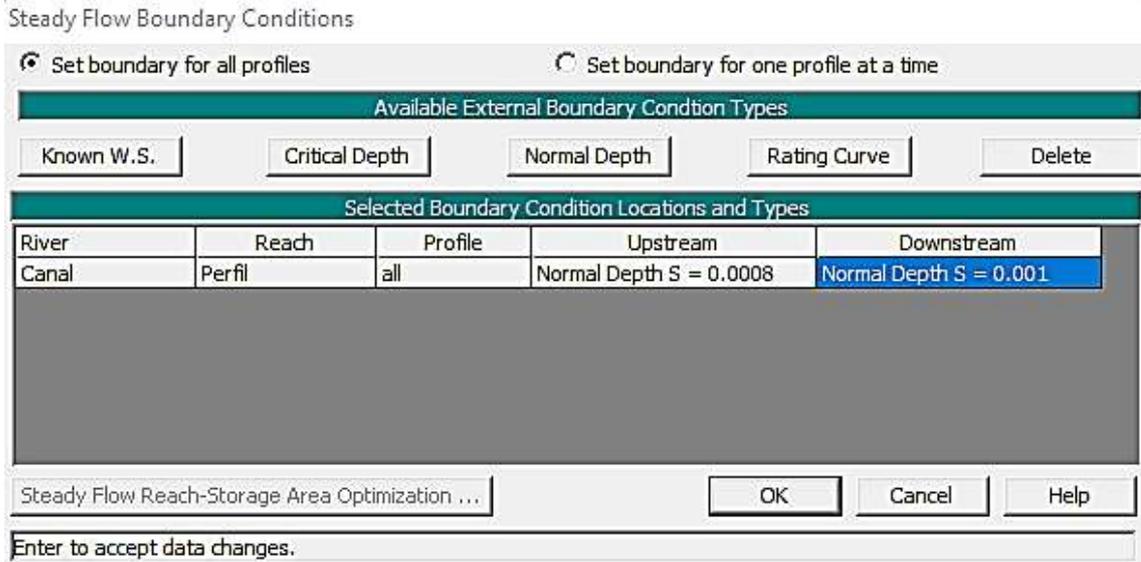
Una vez definido la geometría del canal se procede asignarle las condiciones de flujo, en este apartado se debe ingresar el caudal con el que trabajará y en las condiciones de contorno se indica el tipo de flujo que se presentará aguas arriba y aguas abajo.

Figura 28 Ingreso del valor del caudal



Fuente: HEC-RAS

Figura 29 Asignación de las Condiciones de Contorno

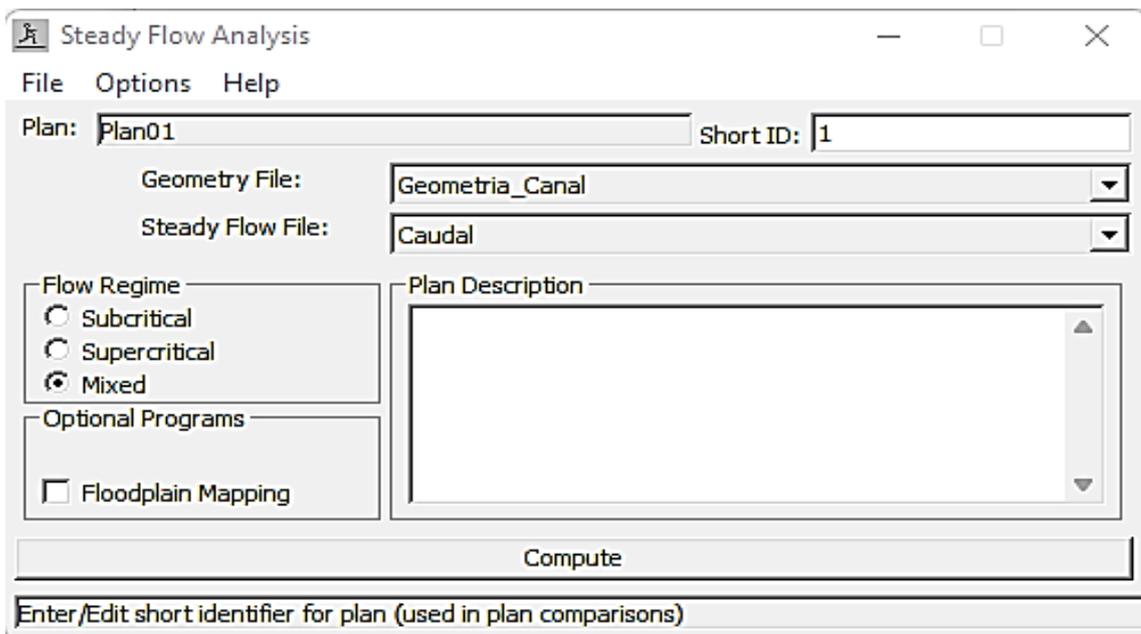


Fuente: HEC-RAS

Para finalizar se indica el tipo de simulación que se realizara en la opción de Plan, para un flujo permanente como el que se está modelando, se debe asignar el régimen de flujo para el que se desea llevar a cabo la simulación, estos pueden ser subcritico, supercrítico y mixto.

En los cálculos previos realizados se pudo identificar el cambio de régimen que se produciría en un tramo del perfil, por lo cual, la mejor opción a elegir será el mixto.

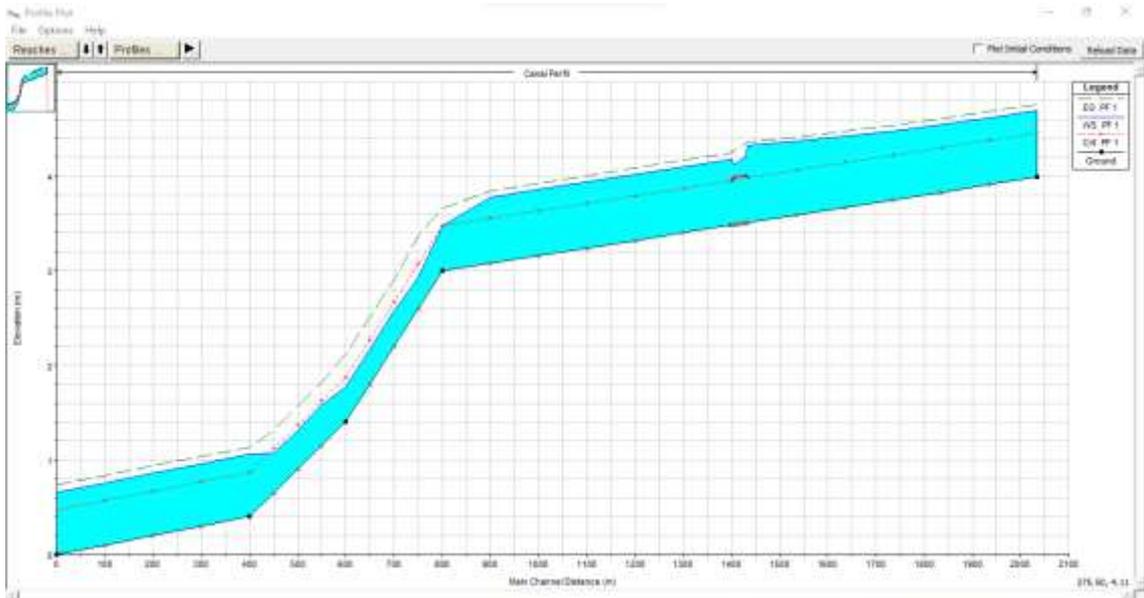
Figura 30 Registro del régimen de flujo



Fuente: HEC-RAS

Una vez ingresados todos los datos requeridos se procede a ejecutar la simulación para visualizar los valores obtenidos.

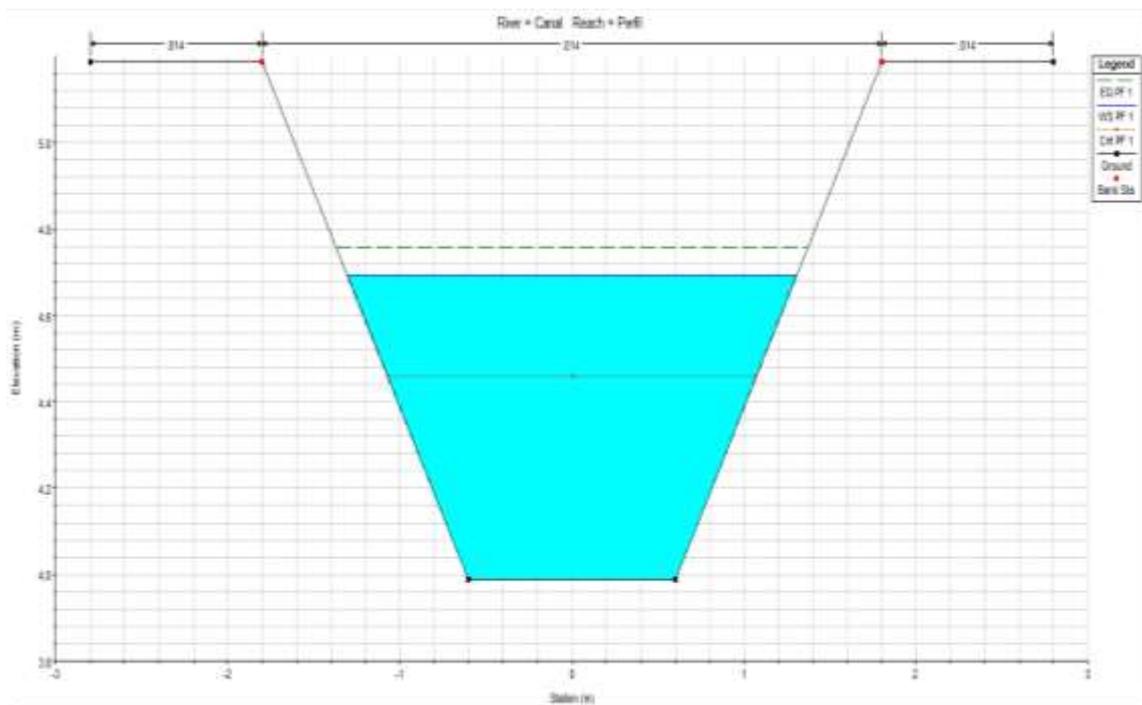
Figura 31 Perfil longitudinal del canal abierto



Fuente: Autor

Mediante el perfil longitudinal se logra visualizar el comportamiento hidráulico del flujo a lo largo de su perfil, con lo que se puede identificar la existencia y ubicación de singularidades como curvas de remanso y resaltos hidráulicos.

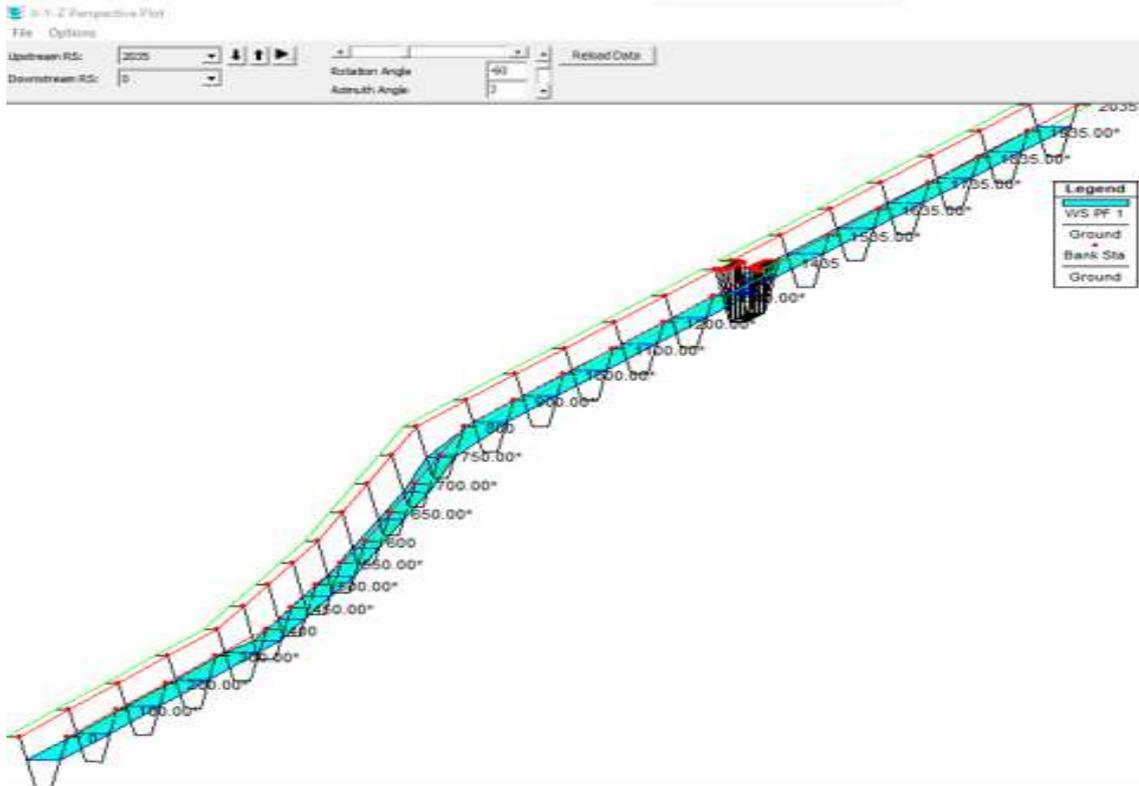
Figura 32 Parámetros Hidráulicos en las secciones Transversales



Fuente: Autor

Luego de la simulación se puede visualizar los parámetros hidráulicos como tirante normal, tirante crítico y línea de energía que actuaran en cada sección transversal del canal que haya sido creada.

Figura 33 Vista Pseudo Tridimensional de la simulación del canal abierto



Fuente: Autor

La representación en 3D nos da una visualización más amplia y detallada del canal abierto y de sus parámetros hidráulicos.

Figura 34 Salida Tabular por secciones

Cross Section Output

File Type Options Help

River: Canal Profile: PF 1

Reach: Perfil RS: 2035 Plan: 1

Plan: 1 Canal Perfil RS: 2035 Profile: PF 1					
E.G. Elev (m)	4.76	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.06	Wt. n-Val.		0.014	
W.S. Elev (m)	4.69	Reach Len. (m)	100.00	100.00	100.00
Crit W.S. (m)	4.46	Flow Area (m ²)		1.34	
E.G. Slope (m/m)	0.000774	Area (m ²)		1.34	
Q Total (m ³ /s)	1.50	Flow (m ³ /s)		1.50	
Top Width (m)	2.61	Top Width (m)		2.61	
Vel Total (m/s)	1.12	Avg. Vel. (m/s)		1.12	
Max Chl Dpth (m)	0.71	Hydr. Depth (m)		0.51	
Conv. Total (m ³ /s)	53.9	Conv. (m ³ /s)		53.9	
Length Wtd. (m)	100.00	Wetted Per. (m)		3.20	
Min Ch El (m)	3.99	Shear (N/m ²)		3.19	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		3.56	
Frctn Loss (m)	0.08	Cum Volume (1000 m ³)		2.42	
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m ²)		5.01	

Errors, Warnings and Notes

Fuente: Autor

El software permite visualizar mediante tablas los resultados hidraulicos que le corresponden a una seccion transversal en especifica de forma detallada.

3.4 Presupuesto

3.4.1 Estructura del Presupuesto

El presupuesto se realiza considerando todos los gastos que intervendrán en la ejecución del proyecto.

Se conforma de la siguiente manera:

$$\text{Costo total} = \text{Costos directos} + \text{Costos indirectos}$$

Dentro de sus costos directos se consideran los gastos de:

- Equipo.
- Mano de Obra.
- Materiales.
- Transporte.

En cuanto a los costos indirectos, aquí se consideran todos aquellos gastos que no intervienen directamente en la ejecución del proyecto pero que, si influyen en su progreso, por lo que forman parte del presupuesto total, para este proyecto se consideraron los siguientes:

- Administración central = 5.0%
- Administración de campo = 1.3%
- Imprevistos = 0.1%
- Impuestos y Obligaciones = 1.9 %
- Utilidades = 5%
- Fiscalización = 5%

3.4.2 Creación de APUs

Los análisis de precios unitarios se crean a partir del gasto que involucrara cada una de las actividades que se realizaran, pero por unidad de construcción, para realizarlo se requiere contar con información sobre los salarios mínimos por ley emitidos por la

contraloría general del estado y de la cotización que se realice con distintos proveedores para los gastos de equipo, materiales y transporte buscando al más conveniente, estos valores se detallaran en los anexos.

3.4.3 Elaboración del Presupuesto

Una vez determinado el precio unitario de todos los rubros se puede elaborar el presupuesto total.

Tabla 30 Presupuesto del Proyecto

ITEM	RUBRO	U.	CANT.	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	LIMPIEZA Y DESBOCRE	Ha	1.06	710.39	753.01
2	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	Km	2.03	1126.79	2287.38
3	EXCAVACIÓN DE LA CUBETA DEL CANAL	m3	7829.75	3.54	27685.25
4	HORMIGON SIMPLE CLASE F'C=180 KG/CM2 (REPLANTILLO)	m3	531.19	219.05	116356.78
5	HORMIGON SIMPLE CLASE F'C=210 KG/CM2 INC. ENCOFRADO	m3	1481.86	292.88	434009.57
6	SUMINISTRO, CORTADA, DOBLADA Y ARMADA DE HIERRO	kg	37374.8	2.65	99043.25
7	AGUA PARA CONTROL DE POLVO	m3	958.83	3.78	3625.66
8	SEÑALES PREVENTIVAS, LETREROS METALICOS	u	1.00	557.21	557.21
TOTAL					684318.12

Fuente: Autor

3.5 Programación de obras

La programación de obras se realizó mediante el uso de la herramienta Excel y el programa Project para verificación de resultados.

3.5.1 Lista de Actividades

La información sobre las actividades necesarias a ejecutarse para la realización de la obra es la base de una programación de obras, porque serán estas actividades a las cuales se les debe determinar su tiempo de duración.

Tabla 31 Lista de actividades para ejecución del Proyecto

ITEM	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD
1	LIMPIEZA Y DESBOCRE	Ha	1.06
2	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	Km	2.03
3	EXCAVACIÓN DE LA CUBETA DEL CANAL	m3	7829.75
4	HORMIGON SIMPLE CLASE F'C=180 KG/CM2 (REPLANTILLO)	m3	531.19
5	HORMIGON SIMPLE CLASE F'C=210 KG/CM2 INC. ENCOFRADO	m3	1481.86
6	SUMINISTRO, CORTADA, DOBLADA Y ARMADA DE HIERRO	kg	37374.81
7	AGUA PARA CONTROL DE POLVO	m3	958.83
8	SEÑALES PREVENTIVAS, LETREROS METALICOS	u	1

Fuente: Autor

3.5.2 Duraciones

Para la obtención de la duración de las actividades requerimos de los valores de rendimiento y cantidades de obra de las distintas actividades las cuales obtenemos a partir de los APUS del proyecto, el parámetro de número de grupo lo estimamos en función de la cantidad de equipo y mano de obra que consideremos necesario para la realización de la actividad, a continuación, se detallan los tiempos de duración para cada actividad:

Tabla 32 Determinación de duraciones de acuerdo a su actividad

No	RUBRO	U	CANT.	RG (h/u)	NG	DURACIONES	
						Horas Lab.	Días Cal.
1	LIMPIEZA Y DESBROCE	Ha	1.06	5.169	1	5.50	1
2	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	km	2.03	27.508	1	55.84	9
3	EXCAVACIÓN DE LA CUBETA DEL CANAL	m3	7829.75	0.038	2	148.77	24
4	HORMIGON SIMPLE CLASE F'C=180 KG/CM2 (REPLANTILLO)	m3	531.19	1.326	4	176.09	28
5	HORMIGON SIMPLE CLASE F'C=210 KG/CM2 INC.ENCOFRADO	m3	1481.86	1.562	4	578.67	92
6	SUMINISTRO,CORTAD A,DOBLADA Y ARMADA DE HIERRO	kg	37374.8 1	0.019	3	236.71	38
7	AGUA PARA CONTROL DE POLVO	m3	958.83	0.079	0.0754	1004.61	159
8	SEÑALES PREVENTIVAS, LETREROS METALICOS	u	1	1.905	0.0019	1002.63	159

Fuente: Autor

3.5.3 Programación en Project

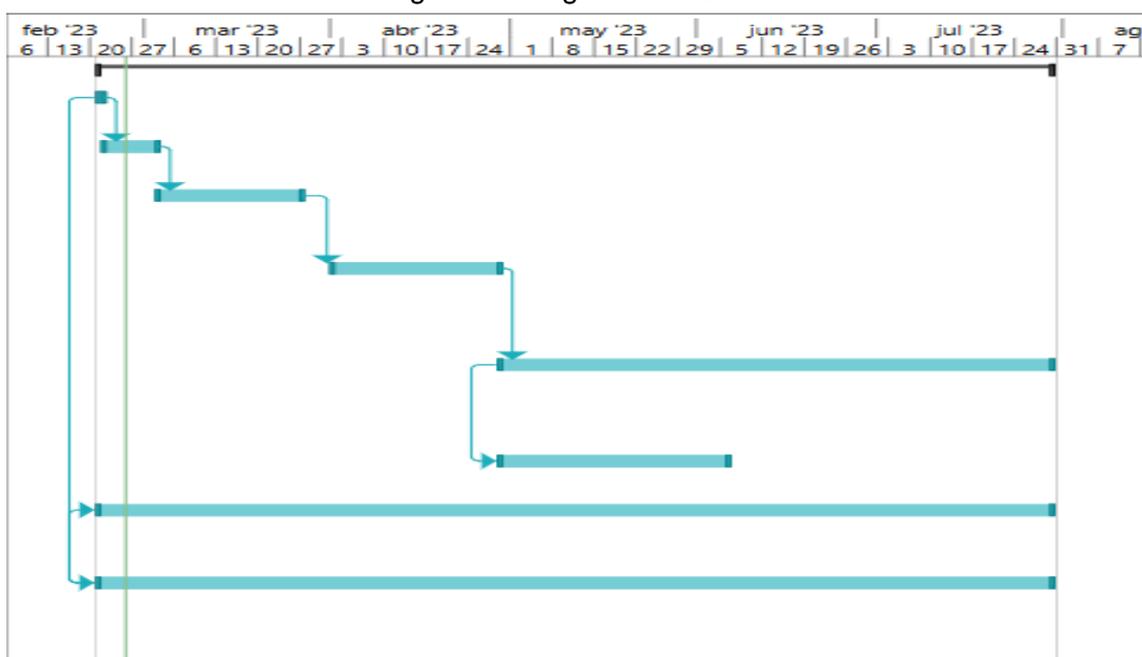
La programación se lleva a cabo configurando los tiempos de trabajo en el calendario laboral del Project de acuerdo a los días y horas estimadas para la ejecución de las actividades previamente determinadas, luego se ingresan las actividades con sus respectivas duraciones y predecesoras.

Figura 35 Valores para programación de tiempo de obra en Project

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1		Canal abierto	159 días	mar 21/2/23	dom 30/7/23
2		LIMPIEZA Y DESBROCE	1 día	mar 21/2/23	mié 22/2/23
3		REPLANTEO Y NIVELACIÓN	9 días	mié 22/2/23	vie 3/3/23
4		EXCAVACIÓN DE LA CUBETA DEL CANAL	24 días	vie 3/3/23	lun 27/3/23
5		HORMIGON SIMPLE CLASE F'C=180 KG/CM2 (REPLANTILLO)	28 días	sáb 1/4/23	sáb 29/4/23
6		HORMIGON SIMPLE CLASE F'C=210 KG/CM2 INC.ENCOFRADO	92 días	sáb 29/4/23	dom 30/7/23
7		SUMINISTRO,CORT, Y ARMADA DE	38 días	sáb 29/4/23	mar 6/6/23
8		AGUA PARA CONTROL DE POLVO	159 días	mar 21/2/23	dom 30/7/23
9		SEÑALES PREVENTIVAS, LETREROS METALICOS	159 días	mar 21/2/23	dom 30/7/23

Fuente: Autor

Figura 36 Diagrama de Gantt



Fuente: Autor

4 CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El software HEC-RAS facilita el cálculo y análisis de parámetros hidráulicos en proyectos de planificación de recursos hídricos o mitigación de desastres naturales, permitiendo realizar múltiples propuestas y comprobar la viabilidad técnica de cada una de ellas, lo que ayuda a conseguir diseños más eficientes, reduciendo el tiempo y costo que normalmente se emplea en el desarrollo de estas obras hidráulicas.
- Para el diseño del canal abierto se consideró un revestimiento de hormigón de 15 cm para prevenir riesgos por erosión e infiltración, de igual manera para control de sedimentación se comprobó que la velocidad mínima que alcanzara será de 0,92 m/s valor que es superior al valor mínimo recomendado en canales revestidos para prevenir la sedimentación, en cuanto a riesgos por inundación los resultados demostraron que el nivel de agua alcanzara un valor máximo de 0.81 m, valor que es inferior a la profundidad total del canal, con lo que puede comprobar que el diseño desarrollado es eficiente.
- El presupuesto se realizó en base a costos de infraestructura, medidas ambientales y seguridad dando como resultado el valor de \$ 684,318.12, para la programación del tiempo de obra se utilizó el programa Project donde se consideró que un día calendario equivaldría a 6.30 horas laborables, obteniendo una cantidad de 159 días de duración del proyecto.

4.2 Recomendaciones

- Es necesario contar con equipos que ayuden a medir las variables meteorológicas que se producen actualmente con el cambio climático porque esta información es la base para el estudio y ejecución de planes de tipo riego, mitigación de desastres naturales y regulación del agua.
- Es necesario contar con la mayor cantidad de datos posibles sobre la geometría de un canal o río para que los resultados de la simulación resulten más exactos.
- Se requiere una mayor participación de los gobiernos en todo el mundo para llevar a cabo una buena gestión sobre el uso del agua considerando la cantidad limitada con la que se dispone hoy en día.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Naciones Unidas, *Informe Mundial sobre los recursos hídricos 2021: El valor del agua*. 2021. [Online]. Available: <https://www.unesco.org/reports/wwdr/2021/es>
- [2] Unesco, “Abordar la escasez y la calidad del agua,” 2021. [Online]. Available: <https://es.unesco.org/themes/garantizar-suministro-agua/hidrologia/escasez-calidad>.
- [3] UNESCO, *Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2016: Agua y Empleo*. París, 2016.
- [4] Y. Martínez Valdés and V. M. Villalejo García, “La gestión integrada de los recursos hídricos: una necesidad de estos tiempos,” *Ing. hidráulica y Ambient.*, vol. 39, no. 1, pp. 58–72, 2018. [Online]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S168003382018000100005&lng=es&nrm=iso
- [5] S. E. Bueno Pérez, S. Marceleno Flores, O. Nájera González, and R. De Haro Mota, “Implementación del método de escasez en la determinación de la huella hídrica en la zona costera de San Blas, México,” *Tecnura*, vol. 23, no. 62, pp. 45–54, 2019. [Online]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1
- [6] FLACSO, MAE, and PNUMA, “Estado del agua,” in *Geo Ecuador 2008: Informe sobre el estado del medio ambiente.*, 2008, p. 10. [Online]. Available: <http://www.pnuma.org/deat1/pdf/Ecuador.pdf/>
- [7] R. S. Yiseña Tiaguaro, D. P. Miguel Arteaga, and J. J. C. Alex Ramos, *Plan Nacional De Riego y Drenaje 2021-2026*. 2022.
- [8] J. L. Conde Solano and L. M. Rivera Intriago, “El Riego en la provincia de El Oro,” *Ecuador es Calid.*, vol. 5, pp. 1–3, 2018.
- [9] B. Mundial, *Argentina: Valorando el Agua*. Washington, DC, 2021. [Online]. Available: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/36204>
- [10] E. Vega López, “Presiones hídricas, amenazas climáticas y pérdidas de biodiversidad en México: agenda y políticas inaplazables del nuevo gobierno,” *J. Econ. Lit.*, vol. 16, no. 46, pp. 126–135, 2019. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7309938>

- [11] D. García de Jalón, “La regulación de los caudales y su efecto en la biodiversidad,” in *Agua para la vida.*, 2008, p. 19.
- [12] S. Fernández Cruz and S. González Rivero, “Indicadores para la gestión de impactos ambientales en la etapa de explotación de las presas,” *Ing. Hidráulica y Ambient.*, vol. 43, no. 1, pp. 79–91, 2022. [Online]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S168003382022000100079&lng=es&nrm=iso
- [13] Banco Mundial, “Agua: Panorama General,” 2022. [Online]. Available: <https://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview>.
- [14] M. Moshinsky, “Informe de Síntesis de 2018 sobre el Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 relacionado con el agua y el saneamiento,” 2018.
- [15] D. Mendoza Tinoco and A. V. Méndez Delgado, “Evaluación de los costos económicos totales de los desastres naturales: inundación en la ciudad de Sheffield, 2007,” *Estud. Demogr. Urbanos Col. Mex.*, vol. 33, no. 3, pp. 699–732, 2018. doi: 10.24201/edu.v33i3.1786
- [16] C. Ruiz-Tagle and L. Colman, “Regímenes de amparo y cobertura de los desastres naturales en el derecho Español,” *Rev. Boliv. Derecho*, no. 25, pp. 376–415, 2018. [Online]. Available: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2070-81572018000100012&lng=es&nrm=iso
- [17] UNEP United Nations Environment Programme, *Progress on integrated water resources management*. 2021.
- [18] OCDE, “OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction,” in *OECD*, Paris, 2012, pp. 209–263.
- [19] J. León, V. Parra, J. Silva, R. Peña, and D. Román, “Requerimientos hídricos para el cultivo de fréjol variedad Calima en Riobamba , Ecuador,” *Ing. Hidráulica y Ambient.*, vol. 43, no. 1, pp. 25–37, 2022. [Online]. Available: <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v43n1/1680-0338-riha-43-01-25.pdf>
- [20] J. E. Gutiérrez Hernández, V. Crespo Regalado, and M. E. Hernández Cerda, “Intensidad y persistencia de la sequía en SW de Guantánamo: uso de índices ISA e IPS,” *Ing. Hidráulica y Ambient.*, vol. 41, no. 1, pp. 3–17, 2020. [Online]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S168003382020000100003&script=sci_arttext&tlng=en
- [21] M. of E. Management, B. N. University, N. D. R. C. of China, and International F.

- of R. C. and R. C. Societies, “Global Natural Disaster Assessment Report,” 2022.
- [22] Unidad de Agua y Energía, D. de R. Naturales, and C. E. para A. L. y el Caribe, “Informe del Diálogo Regional del Agua 2022: Hacia una transición hídrica inclusiva y sostenible en América Latina y el Caribe,” 2022.
- [23] M. G. Merlinsky, F. Martín, and M. Tobías, “Hacia la conformación de una Ecología Política del Agua en América Latina,” *Quid 16. Rev. del Área Estud. Urbanos*, vol. 16, no. 13, pp. 1–11, 2020. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7448689>
- [24] F. I. Arreguín-Cortés *et al.*, “Generación de índices de seguridad hídrica municipal con un enfoque probabilista,” *Tecnol. y Ciencias del Agua*, vol. 11, no. 6, pp. 287–338, 2020. doi: 10.24850/J-TYCA-2020-06-07
- [25] B. Nicora *et al.*, “Evaluación integral de la gestión del agua subterránea en escuelas rurales en Tandil, Argentina,” *Rev. Ciencias Ambient.*, vol. 55, no. 1, pp. 294–316, 2021. doi: 10.15359/rca.55-1.14
- [26] E. Lentini, “Hacia una agenda de seguridad hídrica para América Latina y el Caribe 2030,” Caracas, 2022.
- [27] Agencia de Regulación y Control del Agua, “Plan Estratégico Institucional de la Agencia de Regulación y Control del Agua.,” Quito, 2022.
- [28] Futuro Latinoamericano, “Futuro del Agua en el Ecuador Perspectivas presidenciales,” 2021. [Online]. Available: <https://www.ffla.net/es/futuro-del-agua-en-el-ecuador-perspectivas-presidenciales/>.
- [29] A. Fries, M. Chamba-Ontaneda, and P. Massa-Sanchez, “Presión demográfica sobre el agua: un análisis regional para Ecuador,” *Geográfica Venez.*, vol. 60, no. 2, pp. 361–377, 2019. [Online]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=347766130008>
- [30] et al Kleemann, J., Zamora, C., “Deforestation in Continental Ecuador with a Focus on Protected Areas,” *Science (80-)*, vol. 356, pp. 531–533, 2000. [Online]. Available: papers3://publication/uuid/FB750DBC-0865-4EE5-BD7E-EDCFB1FE35EF
- [31] M. E. García Marín, “La deforestación: una práctica que agota nuestra biodiversidad,” *Prod. + Limpia*, vol. 11, no. 2, pp. 161–168, 2016. [Online]. Available: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552016000200014&lng=en&nrm=iso

- [32] M. L. Coello, "Informe de rendición de cuentas," Quito, 2021.
- [33] E. Isch, N. Ibáñez Blancas, D. Panario, O. Gutiérrez, and Á. Zambrano, "El cambio climático y los conocimientos tradicionales, miradas desde Sudamérica," *Terra. Nueva Etapa*, vol. XXXVI, no. 59, pp. 1–14, 2020. [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72166221005>
- [34] El Comercio, "Las plagas e inundaciones dejan pérdidas millonarias al agro," 2022. [Online]. Available: <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/plagas-inundaciones-perdidas-sector-agricola.html>.
- [35] S. Cartaya, S. Zurita, and V. Montalvo, "Métodos de ajuste y homogenización de datos climáticos para determinar índice de humedad de Lang en la provincia de Manabí, Ecuador," *La Técnica Rev. las Agrociencias.*, no. 16, pp. 94–106, 2016. doi: 10.33936/la_tecnica.v0i16.540
- [36] Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, "Informe de Situación - Época lluviosa," 2021.
- [37] "El desbordamiento de río causa inundaciones en cantón Balsas, en El Oro, sur de Ecuador," *El Comercio*, 2021. [Online]. Available: <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/desbordamiento-rio-inundaciones-balsas-oro.html>.
- [38] A. García, "La provincia de El Oro sufre inundaciones y derrumbes, el cantón Chilla es declarado en emergencia," *El Comercio*, 2021. [Online]. Available: <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/oro-inundaciones-derrumbes-invierno-emergencia.html>.
- [39] L. Reyes, "70 viviendas y 120 personas perjudicadas por desbordamiento de río Chaguana," *Diario Correo*, 2022. [Online]. Available: <https://diariocorreo.com.ec/66802/cantonal/70-viviendas-y-120-personas-perjudicadas-por-desbordamiento-de-rio-chaguana>.
- [40] "Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización," Quito, 2019.
- [41] E. Zegarra Méndez, *Economía Del Agua: Conceptos Y Aplicaciones Para Una Mejor Gestión*. Lima, 2014.
- [42] L. Chuncho Juca, P. Uriguen Aguirre, and N. Apolo Vivanco, "Ecuador: análisis económico del desarrollo del sector agropecuario e industrial en el periodo 2000-

- 2018.,” *Rev. Científica y Tecnológica UPSE*, vol. 8, no. 1, pp. 08–17, 2021. doi: 10.26423/rctu.v8i1.547
- [43] A. Altamirano Aguilar, J. B. Valdez Torres, C. ValdezLafarga, J. I. León Balderrama, M. Betancourt Lozano, and T. Osuna Enciso, “Evaluación del desempeño de distritos de riego en México mediante análisis de eficiencia técnica,” *Tecnol. y ciencias del agua*, vol. 10, no. 1, pp. 85–121, 2019. doi: 10.24850/j-tyca-2019-01-04
- [44] Epjafeta, “El Oro,” *El Popular*, 2019. [Online]. Available: <https://www.elpopular.com.ec/author/epjafeta/>.
- [45] L. Capa Benítez, J. Sotomayor Pereira, and F. Vega Jaramillo, *La Provincia de El Oro algunas consideraciones de los sectores productivos y empresariales*, UTMACH. Machala, 2018.
- [46] A. Aragón Cruz and O. López Hernández, José Rudier Ávila Flores, “Agua subterránea en Norteamérica, un caso de estudio: Riesgo de contaminación y uso de los manantiales en San Simón Almolongas, Oaxaca, México,” *Norteamerica*, vol. 17, no. 1, pp. 347–372, 2022. doi: 10.22201/CISAN.24487228E.2022.1.522
- [47] R. M. Pacheco Moya and P. Vargas Rodriguez, “Propuesta de metodología para la gestión eficiente del agua en zonas regables de Cuba,” *Ing. Hidráulica y Ambient.*, vol. 43, no. 3, pp. 3–12, 2022. [Online]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382022000300003&lng=es&nrm=iso
- [48] M. Mera, A. Lainez, L. Mera, and G. Ibañez, “Comunas, comunicación y políticas públicas: la gobernanza del agua en la ruralidad costera ecuatoriana,” *Rev. Ibérica Sist. Tecnol. Inf.*, no. E40, pp. 397–409, 2021. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8589436>
- [49] M. A. Morales Acosta, K. K. Romero Valdez, and R. E. Garzón González, “Aplicación del software educativo Cefficiency para el diseño de canales de máxima eficiencia hidráulica,” *Rev. Investig. en Tecnol. la Inf.*, vol. 7, no. 13, p. 13, 2019. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7107354>
- [50] J. Valencia, F. Monserrate, S. Casteleyn, V. Bax, W. Francesconi, and M. Quintero, “A GIS-based methodological framework to identify superficial water sources and their corresponding conduction paths for gravity-driven irrigation

- systems in developing countries,” *Agric. Water Manag.*, vol. 232, no. January, p. 106048, 2020.
- [51] Definiciona, “Definición y etimología de topografía,” 2019. [Online]. Available: <https://definiciona.com/topografia/>. [Accessed: 24-Jan-2023].
- [52] D. Rodríguez, W. Torrealba, and J. C. Rincón, “Evaluación De Herramientas De Entorno ‘Sig’ Y Sus Aplicaciones En La Modelación Hidráulica De Ríos,” *Gac. Técnica*, vol. 20, no. 1, pp. 79–93, 2019. doi: 10.13140/RG.2.2.14560.94728
- [53] S. B. GIAI, *Introducción a la hidrología*, vol. 25, no. 3. Santa Rosa: EdUNLPam, 2008.
- [54] G. O. Rodríguez Cruz, “Escasez de agua en Tegucigalpa, Honduras: ¿Está siendo afectada la subcuenca Guacerique por la variabilidad climática y el arrastre de sedimentos?,” *Rev. Ciencias Ambient.*, vol. 55, no. 1, pp. 118–142, 2021. doi: 10.15359/rca.55-1.6
- [55] D. G. Espino, “Modelo Hidráulico Virreinal utilizado en el centro histórico de Lima para abastecimiento de agua,” *Devenir*, vol. 7, no. 14, pp. 91–106, 2020. doi: 10.21754/devenir.v7i14.811
- [56] R. H. French, *Hidráulica de canales abiertos*. McGRAW-HILL, 1988.
- [57] P. Rodríguez Ruiz, *Hidráulica II*. 2008.
- [58] B. A. Baca Mendez, “Estudio de la fuerza específica, energía específica y flujo crítico en canales abiertos,” San Carlos de Guatemala, 2019.
- [59] M. Villón Béjar, *Hidráulica de Canales*, vol. 21, no. 1. Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2008.
- [60] Ven te Chow, *Hidráulica de canales abiertos*. McGRAW-HILL, 2004.
- [61] G. Sotelo Avila, *Hidraulica de Canales*. Mexico, 2022.
- [62] R. E. Orellana Cabello, “Modelamiento Hidrológico e hidraulico para a el análisis de inundaciones en la ciudad de piura utilizando HEC-HMS y HEC-RAS,” Pontificia Universidad Católica del Peru, 2021.
- [63] A. Ziemińska-Stolarska and J. Skrzypski, “Review of Mathematical Models of Water Quality,” *Ecol. Chem. Eng.*, vol. 19, no. 2, pp. 197–211, 2012. doi: 10.2478/v10216-011-0015-x
- [64] J. W. Asalde Yupton, “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,” Universidad San Martín de Porres, 2020.

- [65] J. S. A. Hernández Villena, “Eficiencia en el cálculo de parámetros hidráulicos usando el canal pendiente variable y el software HEC-RAS, Cajamarca 2020,” Universidad Privada del Norte, 2021.
- [66] US Army Corps of Engineers, “HEC-RAS.” [Online]. Available: <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>.
- [67] B. Mola Fines, C. Bonet Pérez, D. Rodríguez Correa, P. Guerrero Posada, G. Avilés Martínez, and C. Martínez Der, “Tecnologías para el uso eficiente de los recursos hídricos en fincas ganaderas,” *Rev. Ing. Agrícola*, vol. 11, no. 3, p. 2021, 2021. [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586267422009%0ACómo>
- [68] M. Garrido Monagas, C. J. Fernández de Córdova Webster, and M. R. Gómez Crespo, “Obtención de similitudes entre eventos como apoyo a la toma de decisiones,” *Ing. Hidráulica y Ambient.*, vol. 43, no. 03, pp. 73–86, 2022. [Online]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382022000300073&lng=es&nrm=iso
- [69] S. Fernández, D. Pérez, L. Brandizi, M. Serralunga, C. Weis, and P. Abalo, “Avances en la modelación del escurrimiento superficial de una cuenca del sudoeste bonaerense. Caso de estudio: Sector Superior Cuenca Alta del Río Sauce Grande (Argentina),” *Rev. Univ. Geogr.*, vol. 28, no. 2, pp. 13–34, 2019. [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=383261555001>
- [70] A. R. López Fernández, A. M. Ruiz Díaz Cardoso, M. De Dios, and S. Liscia, “Interacción entre modelación física y numérica para el diseño de obras hidráulicas y validación de simulaciones CFD,” *Rev. la Soc. Científica del Paraguay*, vol. 23, no. 2, pp. 227–240, 2018. doi: 10.32480/rscp.2018-23-2.227-240
- [71] S. Lousada, P. S. da Silva, R. A. Castanho, and J. M. Naranjo-Gómez, “Modelação de sistemas de abastecimento de água,” *Univ. Nac. Colômbia, Bogotá*, vol. 2, no. 2, pp. 89–98, 2019. doi: <https://doi.org/10.15446/bitacora.v29n2.69381>
- [72] E. Stefano, A. Prieto, and A. León, “Recomendaciones básicas para modelar obras hidráulicas empleando la dinámica de los fluidos computacional (CFD),”

Ing. Hidráulica y Ambient., vol. 42, no. Supl. 1, pp. 33–48, 2021. [Online].
Available:http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382021000400033&

ANEXOS

ANEXO 1: Resultados de la simulación del canal en el software HEC-RAS

Figura 37 Tabla de Resultados Hidráulicos del Canal Abierto

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m³/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Cr El W.S. (m)	F.G. Elev (m)	F.G. Slope (m/s)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m²)	Top Width (m)	Froude # Ch
Perfil	2035	PF 1	1.50	3.99	4.69	4.46	4.76	0.000774	1.12	1.34	2.61	0.50
Perfil	1935.00*	PF 1	1.50	3.91	4.62	4.38	4.68	0.000757	1.11	1.36	2.62	0.49
Perfil	1835.00*	PF 1	1.50	3.83	4.55	4.30	4.61	0.000777	1.09	1.38	2.64	0.48
Perfil	1735.00*	PF 1	1.50	3.75	4.48	4.22	4.54	0.000682	1.07	1.41	2.66	0.47
Perfil	1635.00*	PF 1	1.50	3.67	4.42	4.14	4.47	0.000619	1.03	1.46	2.70	0.45
Perfil	1535.00*	PF 1	1.50	3.59	4.36	4.06	4.41	0.000594	0.98	1.53	2.75	0.42
Perfil	1435	PF 1	1.50	3.51	4.32	3.98	4.36	0.000494	0.92	1.64	2.83	0.38
Perfil	1434.00*	PF 1	1.50	3.51	4.31	3.98	4.36	0.000554	1.00	1.50	2.51	0.41
Perfil	1433.00*	PF 1	1.50	3.51	4.30	3.99	4.36	0.000701	1.30	1.37	2.21	0.44
Perfil	1432.00*	PF 1	1.50	3.51	4.28	4.00	4.35	0.000936	1.22	1.23	1.91	0.48
Perfil	1431.00*	PF 1	1.50	3.50	4.25	4.00	4.34	0.001324	1.37	1.09	1.62	0.53
Perfil	1430	PF 1	1.50	3.50	4.20	4.00	4.33	0.002047	1.59	0.93	1.35	0.61
Perfil	1425.00*	PF 1	1.50	3.50	4.19	4.00	4.32	0.002134	1.61	0.93	1.35	0.62
Perfil	1420.00*	PF 1	1.50	3.50	4.17	4.00	4.31	0.002238	1.64	0.91	1.35	0.64
Perfil	1415.00*	PF 1	1.50	3.49	4.16	3.99	4.30	0.002362	1.67	0.90	1.35	0.66
Perfil	1410.00*	PF 1	1.50	3.49	4.13	3.99	4.29	0.002531	1.72	0.87	1.35	0.68
Perfil	1405	PF 1	1.50	3.48	4.11	3.98	4.27	0.002760	1.77	0.85	1.35	0.72
Perfil	1404.00*	PF 1	1.50	3.48	4.13	3.98	4.26	0.001969	1.59	0.94	1.58	0.66
Perfil	1403.00*	PF 1	1.50	3.48	4.15	3.97	4.26	0.001490	1.44	1.04	1.82	0.61
Perfil	1402.00*	PF 1	1.50	3.48	4.16	3.97	4.25	0.001171	1.32	1.13	2.08	0.57
Perfil	1401.00*	PF 1	1.50	3.48	4.17	3.96	4.25	0.000956	1.22	1.23	2.33	0.54
Perfil	1400	PF 1	1.50	3.48	4.18	3.95	4.24	0.000800	1.13	1.33	2.60	0.50
Perfil	1300.00*	PF 1	1.50	3.40	4.10	3.87	4.16	0.000602	1.13	1.33	2.60	0.51
Perfil	1200.00*	PF 1	1.50	3.32	4.02	3.79	4.08	0.000602	1.13	1.33	2.60	0.51
Perfil	1100.00*	PF 1	1.50	3.24	3.94	3.71	4.00	0.000606	1.13	1.32	2.60	0.51
Perfil	1000.00*	PF 1	1.50	3.16	3.86	3.63	3.92	0.000611	1.13	1.32	2.59	0.51
Perfil	900.00*	PF 1	1.50	3.08	3.77	3.55	3.84	0.000624	1.14	1.31	2.59	0.51
Perfil	800	PF 1	1.50	3.00	3.67	3.47	3.66	0.003403	1.91	0.79	2.14	1.01
Perfil	750.00*	PF 1	1.50	2.60	3.93	3.07	3.37	0.011379	2.93	0.51	1.87	1.79
Perfil	700.00*	PF 1	1.50	2.20	3.57	2.67	2.91	0.007782	2.56	0.58	1.94	1.49
Perfil	650.00*	PF 1	1.50	1.80	2.17	2.27	2.51	0.008056	2.60	0.58	1.94	1.52
Perfil	600	PF 1	1.50	1.40	1.77	1.87	2.11	0.008009	2.59	0.58	1.94	1.51
Perfil	550.00*	PF 1	1.50	1.15	1.58	1.62	1.81	0.004669	2.14	0.70	2.06	1.17
Perfil	500.00*	PF 1	1.50	0.90	1.32	1.57	1.57	0.005213	2.22	0.67	2.03	1.23

Total flow in cross section.

Figura 38 Curva Caudal vs Superficie de Agua

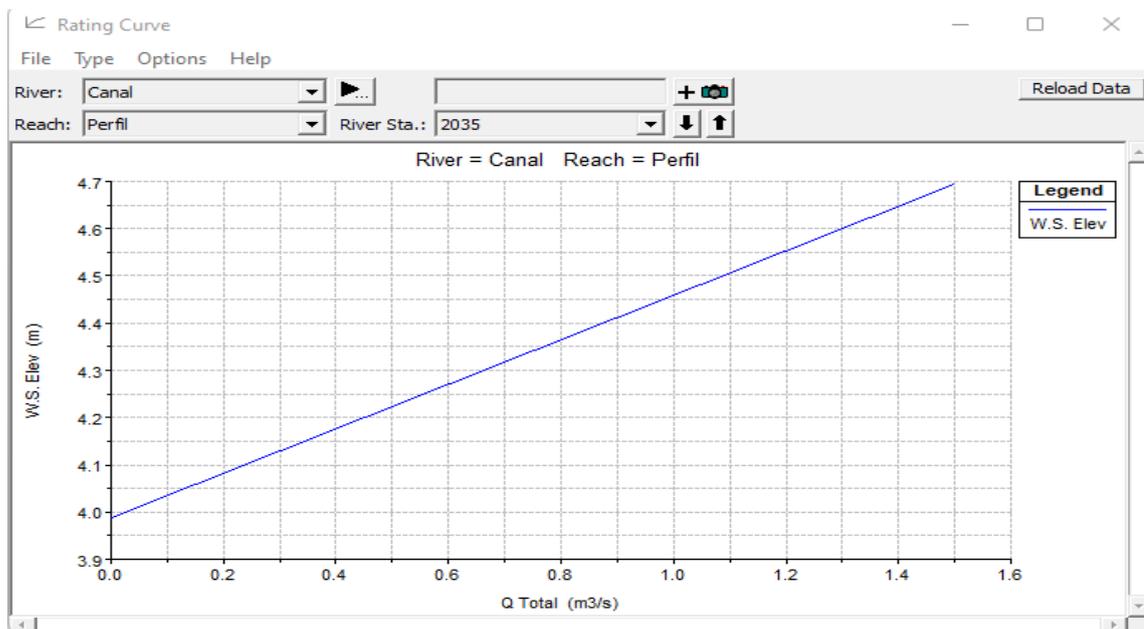
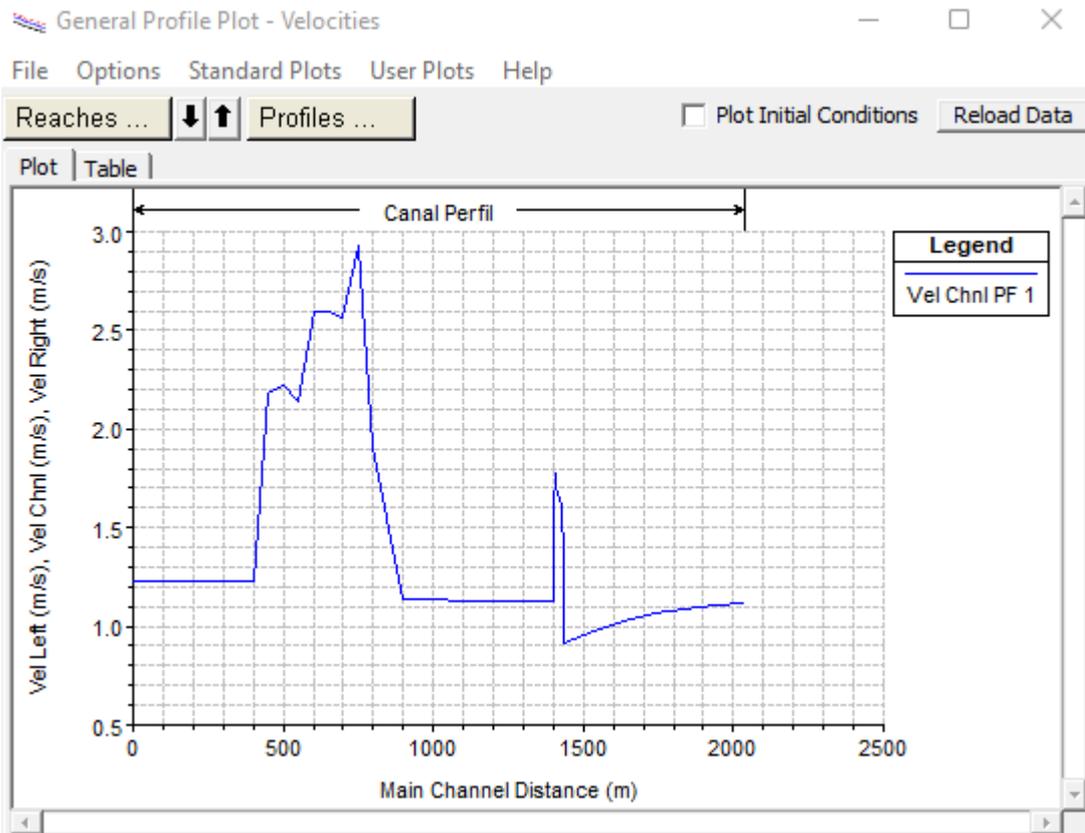


Figura 39 Grafica de velocidad



ANEXO 2: Memoria del Diseño Estructural

Datos generales de diseño:

Resistencia a la compresión del hormigón	$f'c$	21.00	MPa
Módulo de elasticidad del acero	f_y	420.00	MPa
Peso específico del hormigón armado	γ_c	24.00	kN/m ³
Peso específico del agua	γ_a	9.81	kN/m ³
Cuantía mínima	ρ_{min}	0.0033	
Cuantía máxima	ρ_{max}	0.0155	
Ancho de Franja	A	1	m

Diseño de Losa

Datos

Recubrimiento	0.02	m
Espesor	0.15	m
Peso de losa	4.32	kN
Peso del agua	28.25	kN
Longitud	1.20	m

Desarrollo

- Carga distribuida

$$W = \frac{4.32 \text{ kN} + 28.25 \text{ kN}}{1.2 \text{ m}} = 27.14 \text{ kN}$$

- Momento Ultimo

$$M = \frac{WL^2}{8} = 4.88 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- Peralte Efectivo

$$d = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{\emptyset}{2} = 125 \text{ mm}$$

Acero de refuerzo

- Calculado

$$A_s = \rho \cdot d \cdot E = 308.40 \text{ mm}^2$$

- Propuesto

$$A_{s_{real}} = 4\emptyset 10 = 314.16 \text{ mm}^2$$

Acero por retracción y temperatura.

- Cuantía mínima

$$\rho_{min} = 0.0018$$

- Calculado

$$A_s = \rho \cdot d \cdot A = 225 \text{ mm}^2$$

- Propuesto

$$A_{s_{real}} = 5\emptyset 8 = 251.3 \text{ mm}^2$$

Diseño de Paredes

Datos

Recubrimiento	0.02	m
Espesor	0.15	m
Peso de losa	3.30	kN
Longitud	1.69	m

Desarrollo

- Carga distribuida para P1

$$W = \frac{3.30 \text{ kN}}{1.69 \text{ m}} = 1.95 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

- Momento Ultimo

$$M = \frac{WL^2}{8} + \frac{PL}{3} = 3.94 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- Peralte Efectivo

$$d = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{\emptyset}{2} = 126 \text{ mm}$$

Acero de refuerzo

- Calculado

$$A_s = \rho \cdot d \cdot E = 248.93 \text{ mm}^2$$

- Propuesto

$$A_{s_{real}} = 5\emptyset 8 = 251.3 \text{ mm}^2$$

Acero por retracción y temperatura.

Cuantía mínima

$$\rho_{min} = 0.0018$$

- Calculado

$$A_s = \rho \cdot d \cdot A = 226.8 \text{ mm}^2$$

- Propuesto

$$A_{s_{real}} = 5\emptyset 8 = 251.3 \text{ mm}^2$$

ANEXO 3: Análisis de Precios Unitarios

Tabla 33 APU de rubro 1: Limpieza y desbroce

Análisis de Precios Unitarios					
Rubro:		LIMPIEZA Y DESBROCE		Ítem:	1 de 8
Detalle:				Unidad:	ha
A. Equipo					
Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A x B	Rendimiento	Costo Unitario D = C x R
Herramientas manuales (5% M.O)					5.23
Excavadora de oruga	1.00	40.00	40.00	5.16903	206.76
Volquete de 8 m3	2.00	25.00	50.00	5.16903	258.45
				Parcial A	470.45
B. Mano de Obra					
Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A x B	Rendimiento	Costo Unitario D = C x R
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00	4.55	4.55	5.16903	23.52
Op. de Excavadora	1.00	4.55	4.55	5.16903	23.52
CHOFER: Volquetas (Estr.Oc.C1)	2.00	5.95	11.90	5.16903	61.51
Ayudante de maquinaria (Estr.Oc.D2)	1.00	4.16	4.16	5.16903	21.50
				Parcial B	130.05
C. Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario D = C x R	
				0.00	
				Parcial C	0.00
D. Transporte					
Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A x B x C	
				0.00	
				Parcial D	0.00
Total Costos Directos					600.50
Costos Indirectos				18.3 %	109.89
Otros Costos Indirectos					0.00
Total Limpieza y desbroce					710.39
Valor Propuesto					710.39

Tabla 34 APU de rubro 2: Replanteo y Nivelación

Análisis de Precios Unitarios					
Rubro:		REPLANTEO Y NIVELACIÓN		Ítem: 2 de 8	
Detalle:		señalización de estacas, clavos y mojones		Unidad: km	
A. Equipo					
Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A x B	Rendimiento	Costo Unitario D = C x R
Herramientas manuales (5% M.O)					23.68
Equipo Topográfico (Estación Total)	1.00	4.38	4.38	27.50792	120.48
Equipo Topográfico (Nivel de mano)	1.00	2.25	2.25	27.50792	61.89
				Parcial A	206.06
B. Mano de Obra					
Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A x B	Rendimiento	Costo Unitario D = C x R
Cadenero	3.00	4.10	12.30	27.50792	338.35
Topógrafo (Estr.Oc.C1)	1.00	4.55	4.55	27.50792	125.16
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00	4.55	4.55	27.50792	125.16
				Parcial B	588.67
C. Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario D = C x R	
Mojón de Hormigón 15x30 cm	u.	2.00	12.00	24.00	
Estacas de Madera	u.	75.00	0.40	30.00	
Clavo de acero 1" (cartón)	u.	0.50	3.65	1.83	
Pintura Esmalte económica	gl.	0.13	14.83	1.93	
Cementina (25 kilos)	u.	25.00	4.00	100.00	
				Parcial C	157.75
D. Transporte					
Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A x B x C	
				0.00	
				Parcial D	0.00
Total Costos Directos					952.48
Costos Indirectos					174.30
Otros Costos Indirectos					0.00
Total Replanteo y Nivelación					1126.79
Valor Propuesto					1126.79

Tabla 35 APU de rubro 3: Excavación de la cubeta del canal

Análisis de Precios Unitarios					
Rubro:		EXCAVACIÓN DE LA CUBETA DEL CANAL		Ítem:	3 de 8
Detalle:				Unidad:	m3
A. Equipo					
Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A x B	Rendimiento	Costo Unitario D = C x R
Herramientas manuales (5% M.O)					0.02
Excavadora de oruga	1.00	40.00	40.00	0.03846	1.54
Volquete de 8 m3	1.00	25.00	25.00	0.03846	0.96
				Parcial A	2.52
B. Mano de Obra					
Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A x B	Rendimiento	Costo Unitario D = C x R
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00	4.55	4.55	0.03846	0.14
Op. de Excavadora	1.00	4.55	4.55	0.03846	0.14
CHOFER: Volquetas (Estr.Oc.C1)	1.00	5.95	5.95	0.03846	0.18
				Parcial B	0.47
C. Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A x B	
				Parcial C	0.00
D. Transporte					
Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A x B x C	
				0.00	
				Parcial D	0.00
Total Costos Directos					2.99
Costos Indirectos				18.3 %	0.55
Otros Costos Indirectos					0.00
Total Excavación de la cubeta del canal					3.54
Valor Propuesto					3.54

Tabla 36 APU de rubro 4: Hormigón simple clase f'c=180 kg/cm2 (replanteo)

Análisis de Precios Unitarios					
Rubro:	HORMIGON SIMPLE CLASE F'C=180 KG/CM2 (REPLANTILLO)			Ítem:	4 de 8
Detalle:				Unidad:	m3
A. Equipo					
Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A x B	Rendimiento	Costo Unitario D = C x R
Herramientas manuales (5% M.O)					3.27
Vibrador	1.00	2.50	2.50	1.32566	3.31
Concretara	1.00	4.00	4.00	1.32566	5.30
				Parcial A	11.89
B. Mano de Obra					
Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A x B	Rendimiento	Costo Unitario D = C x R
Peón	12.00	4.05	48.60	1.32566	64.43
Albañil	2.00	4.10	8.20	1.32566	10.87
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00	4.55	4.55	1.32566	6.03
				Parcial B	81.33
C. Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A x B	
Arena Gruesa	m3.	0.48	22.50	10.69	
Grava	m3.	0.95	28.00	26.60	
Cemento	kg.	300.00	0.17	51.00	
Agua	m3.	0.20	1.08	0.22	
Aditivo acelerante	lt.	2.25	1.53	3.44	
				Parcial C	91.95
D. Transporte					
Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A x B x C	
				0.00	
				Parcial D	0.00
Total Costos Directos					185.17
Costos Indirectos				18.3 %	33.89
Otros Costos Indirectos					0.00
Total Hormigón simple clase f'c=180 kg/cm2 (replanteo)					219.05
Valor Propuesto					219.05

Tabla 37 APU de rubro 5: Hormigón simple clase f'c=210 kg/cm2 inc. encofrado

Análisis de Precios Unitarios					
Rubro:	HORMIGON SIMPLE CLASE F'C=210 KG/CM2 INC. ENCOFRADO			Ítem:	5 de 8
Detalle: A. Equipo				Unidad:	m3
Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A x B	Rendimiento	Costo Unitario D = C x R
Herramientas manuales (5% M.O)					3.29
Vibrador	1.00	2.50	2.50	1.56247	3.31
Concretara	1.00	4.00	4.00	1.56247	5.30
				Parcial A	11.91
B. Mano de Obra					
Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A x B	Rendimiento	Costo Unitario D = C x R
Peón	12.00	4.05	48.60	1.56247	75.94
Albañil	2.00	4.10	8.20	1.56247	12.81
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00	4.55	4.55	1.56247	7.11
				Parcial B	95.86
C. Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A x B	
Arena Gruesa	m3.	0.80	22.50	18.00	
Grava	m3.	1.30	28.00	36.40	
Cemento	kg.	480.00	0.17	81.60	
Agua	m3.	0.27	1.08	0.29	
Aditivo acelerante	lt.	2.30	1.53	3.52	
				Parcial C	139.81
D. Transporte					
Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A x B x C	
				0.00	
				Parcial D	0.00
Total Costos Directos					247.57
Costos Indirectos			18.3 %	45.31	
Otros Costos Indirectos					0.00
Total Hormigón simple clase f'c=210 kg/cm2 inc. Encofrado					292.88
Valor Propuesto					292.88

Tabla 38 APU de rubro 6: Suministro, cortada, doblada y armada de hierro

Análisis de Precios Unitarios					
Rubro: SUMINISTRO,CORTADA,DOBLADA Y ARMADA DE HIERRO			Ítem: 6 de 8		
Detalle: A. Equipo			Unidad: kg		
Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A x B	Rendimiento	Costo Unitario D = C x R
Herramientas manuales (5% M.O)					0.02
				Parcial A	0.02
B. Mano de Obra					
Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A x B	Rendimiento	Costo Unitario D = C x R
Fierrero	2.00	4.10	8.20	0.0196	0.16
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00	4.55	4.55	0.0196	0.09
Peón	4.00	4.05	16.20	0.0196	0.32
				Parcial B	0.57
C. Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A x B	
Acero de refuerzo	kg.	1.20	1.12	1.34	
Alambre galvanizado	kg.	0.09	3.45	0.31	
				Parcial C	1.65
D. Transporte					
Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A x B x C	
				0.00	
				Parcial D	0.00
Total Costos Directos					2.24
Costos Indirectos				18.3 %	0.41
Otros Costos Indirectos					0.00
Total Suministro,cortada,doblada y armada de hierro					2.65
Valor Propuesto					2.65

Tabla 39 APU de rubro 7: Agua para control de polvo

Análisis de Precios Unitarios					
Rubro:		AGUA PARA CONTROL DE POLVO		Ítem:	7 de 8
Detalle:				Unidad:	m3
A. Equipo					
Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A x B	Rendimiento	Costo Unitario D = C x R
Herramientas manuales (5% M.O)					0.04
Tanquero de agua de 6000 LT	1	30	30.00	0.0789	2.37
				Parcial A	2.41
B. Mano de Obra					
Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A x B	Rendimiento	Costo Unitario D = C x R
CHOFER: Tanqueros (Estr. Oc. C1)	1.00	5.95	5.95	0.07894	0.47
Peón	1.00	4.05	4.05	0.07894	0.32
				Parcial B	0.79
C. Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A x B	
				0.00	
				Parcial C	0.00
D. Transporte					
Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A x B x C	
				0.00	
				Parcial D	0.00
Total Costos Directos					3.20
Costos Indirectos					18.3 %
Otros Costos Indirectos					0.00
Total Agua para control de polvo					3.78
Valor Propuesto					3.78

Tabla 40 APU de rubro 8: Señales preventivas, letreros metálicos

Análisis de Precios Unitarios					
Rubro:		SENALES PREVENTIVAS, LETREROS METALICOS		Ítem:	8 de 8
Detalle:				Unidad:	u
A. Equipo					
Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A x B	Rendimiento	Costo Unitario D = C x R
Herramientas manuales (5% M.O)					1.25
Soldadora	1	2	2.00	1.90525	3.81
				Parcial A	5.06
B. Mano de Obra					
Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A x B	Rendimiento	Costo Unitario D = C x R
Técnico electromecánico de construcción	1.00	4.10	4.10	1.90525	7.81
Peón	3.00	4.05	12.15	1.90525	23.15
				Parcial B	30.96
C. Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A x B	
Letreros de latón galvanizado de 3.00x2.00; 1.2 mm	u	1.00	435.00	435.00	
				Parcial C	435.00
D. Transporte					
Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A x B x C	
				0.00	
				Parcial D	0.00
Total Costos Directos					471.02
Costos Indirectos					18.3 %
Otros Costos Indirectos					0.00
Total Señales preventivas, letreros metálicos					557.21
Valor Propuesto					557.21

ANEXO 4: Programación de Obras

Tabla 41 Tablas IMP – TMP

TAREA SEGÚN PROYECTO	RUBRO	PREDECESORA	FECHA INICIO	DURACION	IMP	TMP
2	LIMPIEZA Y DESBOCRE		21/2/2023	1	0	1
3	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	2	22/2/2023	9	1	10
4	EXCAVACIÓN DE LA CUBETA DEL CANAL	3	3/3/2023	24	10	34
5	HORMIGON SIMPLE CLASE F'C=180 KG/CM2 (REPLANTILLO)	4	1/4/2023	28	39	67
6	HORMIGON SIMPLE CLASE F'C=210 KG/CM2 INC. ENCOFRADO	5	29/4/2023	92	67	159
7	SUMINISTRO, CORTADA, DOBLADA Y ARMADA DE HIERRO	6CC	29/4/2023	38	67	105
8	AGUA PARA CONTROL DE POLVO	9CC	21/2/2023	159	0	159
9	SEÑALES PREVENTIVAS, LETREROS METALICOS	2CC	21/2/2023	159	0	159

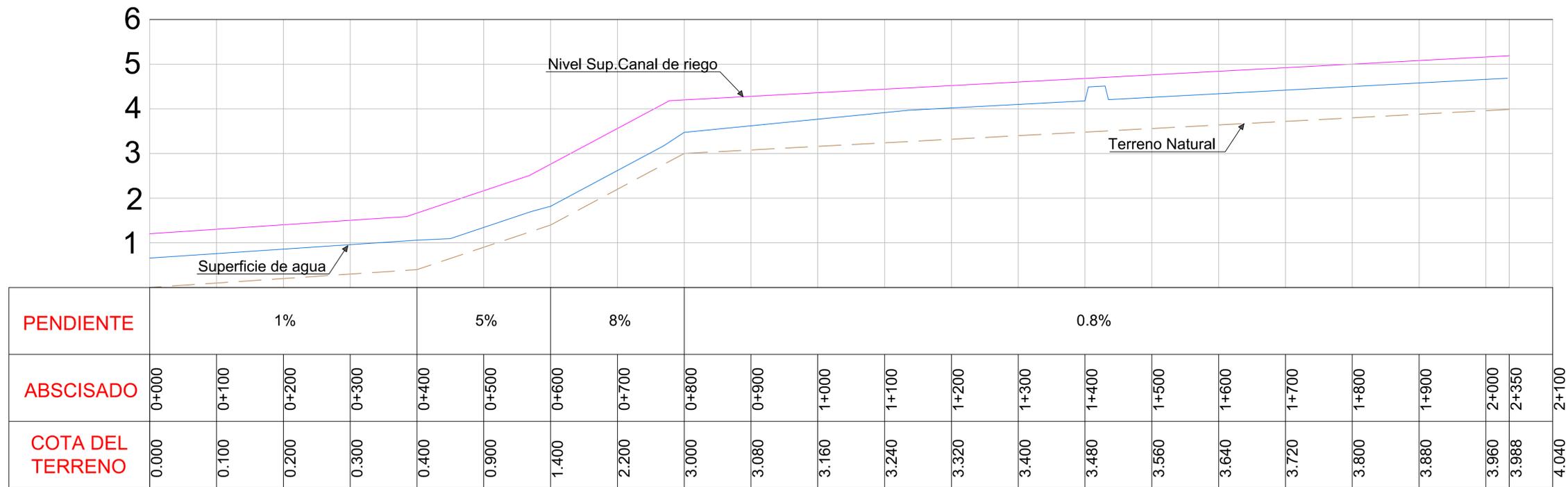
Tabla 42 Diagrama de barras IMP - TMP

ITEM	RUBRO	IMP	TMP	TIEMPO EN DIAS							
				30	60	90	120	150	180		
1	LIMPIEZA Y DESBOCRE	0	1	0	1						
2	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	1	10	1	10						
3	EXCAVACIÓN DE LA CUBETA DEL CANAL	10	34	10	34						
4	HORMIGON SIMPLE CLASE FC=180 KG/CM2 (REPLANTILLO)	39	67		39	67					
5	HORMIGON SIMPLE CLASE FC=210 KG/CM2 INC. ENCOFRADO	67	159			67				159	
6	SUMINISTRO, CORTADA, DOBLADA Y ARMADA DE HIERRO	67	105			67				159	
7	AGUA PARA CONTROL DE POLVO	0	159	0						159	
8	SEÑALES PREVENTIVAS, LETREROS METALICOS	0	159	0						159	

Tabla 43 Cronograma valorado de trabajo.

ITEM	RUBRO	U	CANT.	TOTAL	TIEMPO EN DIAS						% 100%	
					30	60	90	120	150	180		
1	LIMPIEZA Y DESBOCRE	Ha	1.06	753.01	753.01							88%
2	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	Km	2.03	2287.38	2287.38							75%
3	EXCAVACIÓN DE LA CUBETA DEL CANAL	m3	7829.75	27685.25	23071.04	4614.21						63%
4	HORMIGON SIMPLE CLASE FC=180 KG/CM2 (REPLANTILLO)	m3	531.188	116356.78		87267.59	29089.20				Curva de avance valorado	50%
5	HORMIGON SIMPLE CLASE FC=210 KG/CM2 INC. ENCOFRADO	m3	1481.86	434009.57			108502.39	141524.86	141524.86	42457.46		38%
6	SUMINISTRO,CORTADA,DOBLADA Y ARMADA DE HIERRO	kg	37374.8	99043.25			24760.81	32296.71	32296.71	9689.01		25%
7	AGUA PARA CONTROL DE POLVO	m3	958.83	3625.66	684.09	684.09	684.09	684.09	684.09	205.23		13%
8	SEÑALES PREVENTIVAS, LETREROS METALICOS	u	1	557.21	105.13	105.13	105.13	105.13	105.13	31.54		0%
TOTAL				684318.12								
PARCIAL					26900.66	92671.02	163141.62	174610.79	174610.79	52383.24		
ACUMULADO					26900.66	92671.02	163141.62	174610.79	174610.79	52383.24		
%PARCIAL					4%	14%	24%	26%	26%	8%		
%ACUMULADO					4%	17%	41%	67%	92%	100%		

ANEXO 5: Planos Definitivos



PERFIL DEL CANAL ABIERTO (DESDE LA ABS 0+000 HASTA LA ABS 2+035)

ESCALA V: 1:100 - ESCALA H: 1:1000

Contiene:

- Perfil Longitudinal
- Secciones Transversales
- Detalle del Canal

Revisado por:

ING. CIV. AGUIRRE MORALES
FREDY ALEJANDRO

ING. CIV. ESPINOZA CORREA
JESUS ENRIQUE

ING. CIV. AÑAZCO CAMPOVERDE
GILBERT ADRIAN

Técnico:

AZANZA CHALEN ELVIS
STEEVEN

Lámina:

01

Fecha:

Marzo - 2023

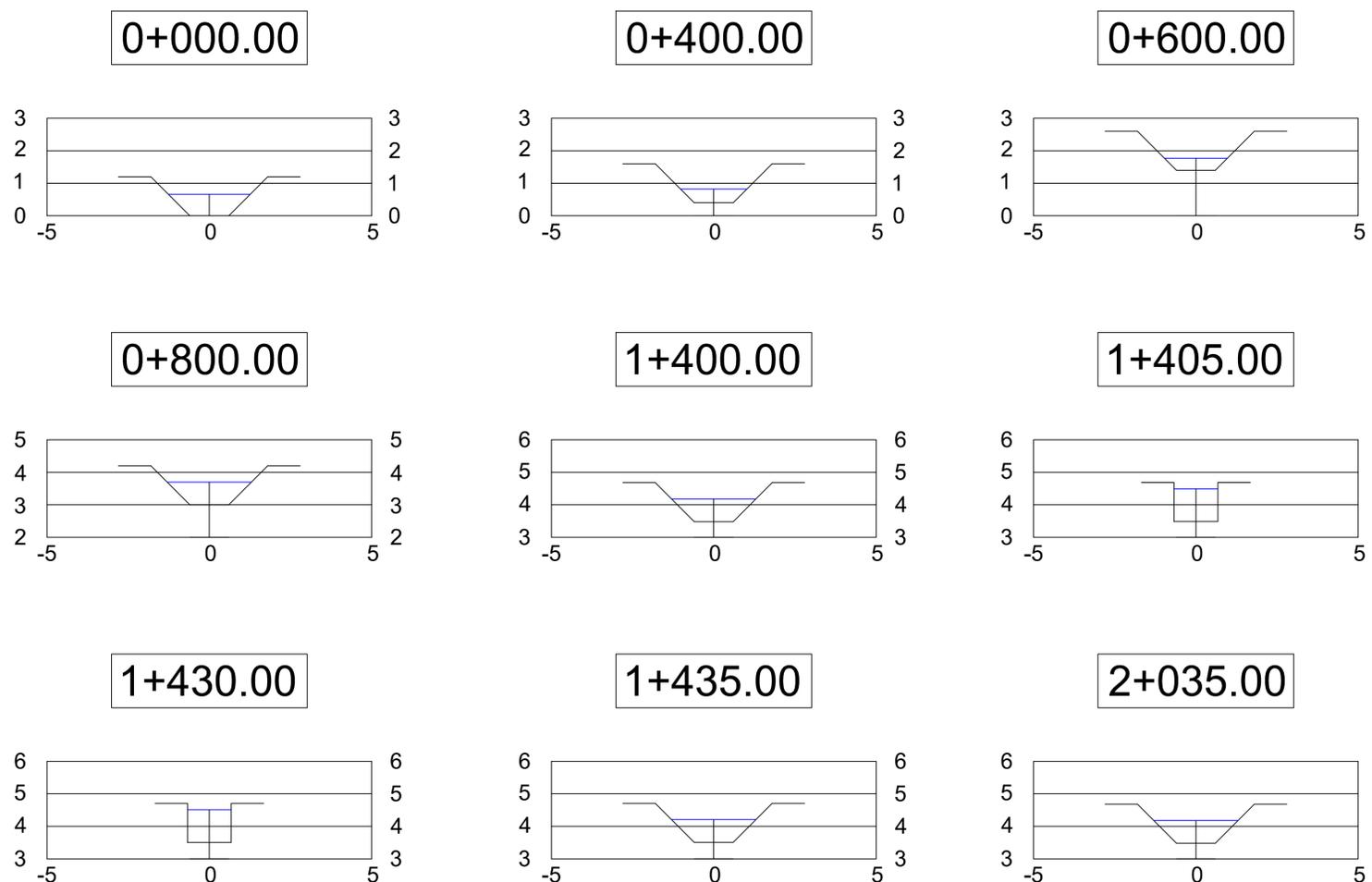
Escala:

Especificadas

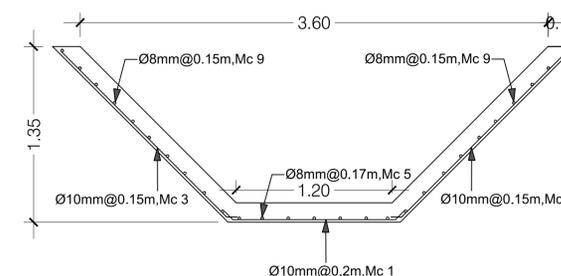
Dibujó:

AZANZA CHALEN
ELVIS STEEVEN

SECCIONES TRANSVERSALES DE MAYOR RELEVANCIA
ESCALA: 1:100



DETALLE DEL CANAL ESCALA: S/E



MC	Diametro (φ) (mm)	Tipo	Cant	Dimensiones (mm)			Long. Parcial	Long. Total (m)	Peso (kg)
				a	b	c			
Acero de refuerzo									
1	10	C	4	168	1600	168	2	8	4.94
3	8	Z	5	144	1600	144	1.9	9.5	3.75
3	8	Z	5	144	1600	144	1.9	9.5	3.75
Acero por retracción y temperatura									
5	8	I	5	-	1000	-	1	5	1.98
9	8	I	5	-	1000	-	1	5	1.98
9	8	I	5	-	1000	-	1	5	1.98
Total acero (kg)									18.37