



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA CIVIL**

TEMA:

**“DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CONDUCCIÓN Y DESCARGA DE LOS
REMANENTES DEL ÓVALO FRUTILLAR DE LA JUNTA DE AGUAS
CHACÓN SEVILLA, SECTOR IZAMBA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA
TUNGURAHUA”**

AUTORA: Carolina Estefanía Toapanta Laura

TUTOR: Ing. Mg. Jorge Javier Guevara Robalino

**AMBATO – ECUADOR
Marzo – 2023**

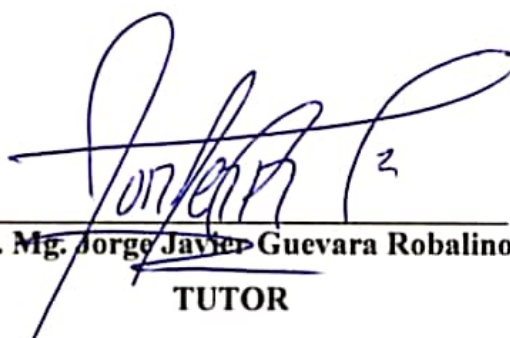
CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del título de Ingeniera Civil, con el tema: **“DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CONDUCCIÓN Y DESCARGA DE LOS REMANENTES DEL ÓVALO FRUTILLAR DE LA JUNTA DE AGUAS CHACÓN SEVILLA, SECTOR IZAMBA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA TUNGURAHUA”**, elaborado por la Srta. **Carolina Estefanía Toapanta Laura**, portadora de la cédula de ciudadanía C.I. 1805134275, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, marzo 2023



Ing. Mg. ~~Jorge Javier~~ Guevara Robalino
TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **Carolina Estefanía Toapanta Laura**, con C.I. 1805134275 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Proyecto Técnico con el tema: **“DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CONDUCCIÓN Y DESCARGA DE LOS REMANENTES DEL ÓVALO FRUTILLAR DE LA JUNTA DE AGUAS CHACÓN SEVILLA, SECTOR IZAMBA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA TUNGURAHUA”**, así como también tablas, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto técnico, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, marzo 2023



Carolina Estefanía Toapanta Laura

C.I. 1805134275

AUTORA

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y proceso de investigación según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, marzo 2023



Carolina Estefanía Toapanta Laura

C.I. 1805134275

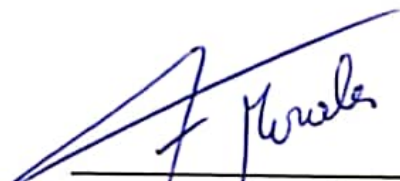
AUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por la estudiante: Carolina Estefanía Toapanta Laura, de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CONDUCCIÓN Y DESCARGA DE LOS REMANENTES DEL ÓVALO FRUTILLAR DE LA JUNTA DE AGUAS CHACÓN SEVILLA, SECTOR IZAMBA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA TUNGURAHUA.”**

Ambato, marzo 2023

Para constancia firman:



Ing. Mg. Fabián Rodrigo Morales Fiallos

MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. Mg. PHD. Bolívar Eduardo Paredes Beltrán

MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico a mi padre, Luis Toapanta, por brindarme su apoyo incondicional, inculcándome con el ejemplo buenos principios y valores, siendo mi principal fuente de inspiración para lograr mis sueños.

A mi madre Alba Laura, por motivarme para no rendirme en el camino y por su cariño al brindarme su apoyo, por buscarle siempre el lado positivo a las dificultades que se me han presentado.

A mi abuelita Marina Laura, por ser la que cuida de mi y vela porque me vaya bien, siempre animándome y orando por mí.

A mi hermanito Ricardo Toapanta, quien se alegra por mis éxitos, y siempre me hace sonreír con sus ocurrencias, anhelo ser una buena guía para ti.

A mi Madrina Julia, por abrirme las puertas hacia mi carrera profesional, alentándome con sus consejos y dándome fortalezas para continuar.

A mi tío Patricio Laura, por su apoyo y sus palabras de aliento para seguir adelante y superarme para lograr mis objetivos.

A mis primos, quienes siempre han estado al pendiente de mí, preguntando sobre mi día, dándome fortaleza para lograr mis sueños y alegrándose por mi dicha.

Todo se lo debo a mi familia Toapanta Laura, por confiar en mí y por haberme brindado todo su apoyo, por ustedes he alcanzado a cumplir mi más grande sueño, ser profesional.

CAROLINA TOAPANTA

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios y a la Virgen de las Nieves por permitirme llegar a este día tan anhelado, por permanecer en mi vida y guiar siempre mis pasos para culminar mi carrera y por tener a mi familia completa para recibir este logro.

A mis padres por el esfuerzo que han hecho para lograr que termine mi carrera, por el cariño y las palabras de aliento que me han brindado, este sueño es gracias a ustedes.

A mi tutor Ing. Mg. Jorge Guevara por compartirme su conocimiento, por la paciencia y amabilidad al recibirme y sobre todo por interceder para que pueda culminar este trabajo con éxito.

A mis jefes, Ing. Hernán Morales, Ing. Carla Paredes, Ing. Luis Andrade, por darme la oportunidad de aprender junto con grandes profesionales a desenvolver mi carrera y formarme como Ingeniera Civil.

Finalmente, a todos los docentes y personal que comprende la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, quienes me formaron académicamente durante estos años para formarme como una profesional competente, mi infinita gratitud.

CAROLINA TOAPANTA

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes Investigativos	1
1.2. Fundamentación Legal (Estatutos del directorio de aguas de la acequia Chacón Sevilla).....	2
1.2.1. Organismo, Fines y Administración.	2
1.3. Diseño Hidráulico en Canales	2
1.4. Hidráulica	3
1.4.1. Ley de movimiento en la hidráulica.....	3
1.5. Flujo En Canales Abiertos.....	4
1.6. Regímenes De Flujo	5
1.6.1. Flujo permanente.....	5
1.6.2. Estados de flujo.....	7
1.6.3. Flujo turbulento.....	8

1.7.	Número de Froude.....	8
1.8.	Numero de Reynolds	9
1.9.	Distribución de velocidades en una sección de canal.....	9
1.9.1.	Sección transversal.....	10
1.9.2.	Sección longitudinal.....	10
1.10.	Distribución de velocidades en los canales.....	13
1.11.	Coefficiente e distribución de las velocidades de coriollis (α) y Boussinesq y (β)	15
1.11.1.	Determinación de los coeficientes α Y β	17
1.12.	Generalidades de sistema de canales	18
1.12.1.	Sistema de canales.....	18
1.13.	Dimensiones de modelos numéricos.....	20
1.13.1.	Modelos numéricos vs modelos físicos.....	21
1.13.2.	Tipos de modelos numéricos.....	22
1.13.3.	Dimensionalidad	22
1.13.4.	Método de cálculo	24
1.13.5.	H CANALES	31
1.2.	Objetivos:	32
1.2.1.	Objetivo General	32
1.2.2.	Objetivos Específicos.....	32
2.	METODOLOGÍA	33
2.1.	Materiales	33
2.2.	Métodos	33
2.2.1.	Método descriptivo.....	33
2.2.2.	Método experimental	33
2.2.3.	Método explicativo.....	34
2.2.4.	Método correlacional	34

2.3.	Plan de recolección de datos	34
2.3.1.	Población y Muestra.....	34
2.3.2.	Levantamiento Topográfico	34
2.3.3.	Aforo de caudal	35
2.3.4.	Software HEC-RAS	36
2.3.5.	Modelar en Civil 3D.....	36
2.3.6.	Toma de muestras para análisis de la calidad del agua	36
2.3.7.	Excel.....	36
3.	DISEÑO	37
3.1.	Topografía	37
3.1.1.	Perfil longitudinal	39
3.2.	Parámetros de calidad de agua para el uso en regadío	44
3.2.1.	Muestra 1.....	45
3.2.2.	Muestra 2.....	46
3.2.3.	Resultados	46
3.3.	Aforo de velocidades.....	46
3.3.1.	Método del flotador.....	46
3.3.2.	Determinación del caudal.....	48
3.3.3.	Revisión mediante el software H Canales.....	49
3.3.4.	Delimitación de zonas para el diseño.....	50
3.2.	Diseño de canal	56
3.2.1.	Esquematización para el diseño de una caída o rápida hidráulica	63
3.2.2.	Diseño de una rápida hidráulica.....	64
3.2.3.	Criterios de diseño de una caída inclinada.....	65
3.2.1	Resultados	67
3.3	Presupuesto.....	80
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	81

4.1. Conclusiones	81
4.2. Recomendaciones	82
5. REFERENCIAS	83
6. ANEXOS	i

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Coeficiente de distribución de velocidades</i>	16
<i>Tabla 2: Software para modelación numérica</i>	25
<i>Tabla 3: Representación de pendiente</i>	40
<i>Tabla 4: criterios de calidad de agua</i>	44
<i>Tabla 5: criterios de calidad de agua</i>	45
<i>Tabla 6: criterios de calidad de agua</i>	46
<i>Tabla 7: Lecturas de tiempo</i>	47
<i>Tabla 8: Determinación de área</i>	48
<i>Tabla 9: Determinación de pendiente</i>	51
<i>Tabla 10: Determinación de pendiente</i>	51
<i>Tabla 11: Determinación de pendiente</i>	52
<i>Tabla 12: Determinación de pendiente</i>	53
<i>Tabla 13: Determinación de pendiente</i>	54
<i>Tabla 14: Determinación de pendiente</i>	55
<i>Tabla 15: Borde libre</i>	66
<i>Tabla 16: Características hidráulicas de la zona 9</i>	68
<i>Tabla 17: Características hidráulicas de la zona 8 a la 7</i>	69
<i>Tabla 18: Características hidráulicas de la zona 7 a la 6</i>	70
<i>Tabla 19: Características hidráulicas de la zona 6 a la 5</i>	71
<i>Tabla 20: Características hidráulicas de la zona 5 a la 4</i>	72
<i>Tabla 21: Características hidráulicas de la zona 4</i>	73
<i>Tabla 22: Características hidráulicas de la zona 3</i>	74
<i>Tabla 23: Características hidráulicas de la zona 2</i>	75
<i>Tabla 24: Cálculo de huellas y contrahuellas de la descarga</i>	77
<i>Tabla 25: Cálculo de velocidad en cada punto de la descarga</i>	78

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Vista longitudinal de un canal abierto</i>	4
<i>Figura 2: Flujo permanente en canales abiertos</i>	5
<i>Figura 3: flujo no permanente en canales abiertos</i>	6
<i>Figura 4: Flujo uniforme para canales abiertos</i>	6
<i>Figura 5: Flujo no uniforme en canales abiertos</i>	7
<i>Figura 6: Vista superior del flujo laminar</i>	8
<i>Figura 7: Sección transversal</i>	10
<i>Figura 8: Variación de las velocidades en las verticales (1), (2) y (3)</i>	11
<i>Figura 9: Variación de la velocidad con la profundidad</i>	11
<i>Figura 10: Modelo general de la distribución de las velocidades</i>	12
<i>Figura 11: Distribución de velocidades verticales en una sección de canal</i>	13
<i>Figura 12: Distribución vertical de la velocidad máxima en un canal abierto</i>	14
<i>Figura 13: Sección de un canal obteniendo la velocidad media</i>	14
<i>Figura 14: Sistema de entrega</i>	18
<i>Figura 15: Sistema de recolección</i>	19
<i>Figura 16: Sistema de conexión</i>	20
<i>Figura 17: esquema de modelos hidráulico unidimensional(X)</i>	22
<i>Figura 18: Esquema de modelo hidráulico bidimensional (X, Y)</i>	23
<i>Figura 19: Esquema de modelo hidráulico tridimensional (X, Y, Z)</i>	24
<i>Figura 20: Energía total en una sección de un canal</i>	28
<i>Figura 21: Componentes utilizados para la conservación de energía</i>	29
<i>Figura 22: Ubicación del Canal de riego de la acequia Chacón Sevilla</i>	37
<i>Figura 23: Ubicación del Canal de riego de la acequia Chacón Sevilla</i>	38
<i>Figura 24: Perfil de terreno</i>	41
<i>Figura 25: Perfil de terreno vs pendientes</i>	42
<i>Figura 26: Delimitación de zonas</i>	43
<i>Figura 27: Sección actual del canal de entrada</i>	48
<i>Figura 28: Canal de entrada</i>	49
<i>Figura 29: delimitación de pendientes</i>	50
<i>Figura 30: delimitación de pendientes</i>	51
<i>Figura 31: delimitación de pendientes</i>	52

<i>Figura 32: delimitación de pendientes</i>	<i>53</i>
<i>Figura 33: delimitación de pendientes</i>	<i>54</i>
<i>Figura 34: delimitación de pendientes</i>	<i>55</i>
<i>Figura 35: delimitación de pendientes</i>	<i>56</i>
<i>Figura 36: Cálculos de la zona 1 en el software H Canales</i>	<i>57</i>
<i>Figura 37: Cálculos de la zona 2 en el software H Canales</i>	<i>58</i>
<i>Figura 38: Cálculos de la zona 3 en el software H Canales</i>	<i>59</i>
<i>Figura 39: Cálculos de la zona 4 en el software H Canales</i>	<i>60</i>
<i>Figura 40: Cálculos de la zona 5 en el software H Canales</i>	<i>61</i>
<i>Figura 41: Cálculos de la zona 6 en el software H Canales</i>	<i>62</i>
<i>Figura 42: Esquema de una caída vertical.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 43: Datos obtenidos de Hec Ras suponiendo sección transversal en la zona crítica de pendiente pronunciada.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 44: Perfil geométrico del proyecto</i>	<i>67</i>
<i>Figura 45: Sección trapezoidal desde la zona 9 a la zona 8</i>	<i>67</i>
<i>Figura 46: Sección trapezoidal desde la zona 9 a la zona 8.....</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 47: Sección trapezoidal desde la zona 7 a la zona 6.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 48: Sección trapezoidal desde la zona 6 a la zona 5</i>	<i>70</i>
<i>Figura 49: Sección trapezoidal desde la zona 5 a la zona 4</i>	<i>71</i>
<i>Figura 50: Sección trapezoidal desde la zona 4.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 51: Sección trapezoidal desde la zona 3.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 52: Sección trapezoidal desde la zona 2.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 53: Vista 3D del flujo en la sección</i>	<i>75</i>
<i>Figura 54: Datos de entrada de la transición</i>	<i>76</i>

RESUMEN

Este proyecto técnico presenta la necesidad de dirigir el caudal de manera eficiente, debido a que el estado actual del canal de riego del ramal de estudio ha intervenido en el comportamiento del flujo debido a que la maleza, fango y sedimentos, han sido una problemática para los 25 usuarios directos del sector.

En el presente proyecto se realizó un levantamiento topográfico, para luego plasmarlo en un software computacional, para evidenciar el perfil del terreno, se analizaron las pendientes que dependieron de los desniveles de las cotas, separando por tramos se definieron las pendientes críticas y se determinaron los tipos de flujo en cada zona. Una vez obtenido los estudios previos para verificar la factibilidad del proyecto se procedió a diseñar el canal de hormigón, teniendo en cuenta las condiciones que abarcó el proyecto, se eligió una sección trapezoidal, esto mediante el software H-CANALES, determinando así todos los elementos geométricos, luego se hizo uso de una herramienta computacional para el cálculo hidráulico de estructuras gracias a su visualización gráfica de datos y resultados, en función del cálculo del tirante normal, tirante crítico, resalto hidráulico, curvas de remanso, se dio paso al diseño de rápidas o caídas hidráulicas.

Los documentos se presentarán a la Junta de Riego Chacón Sevilla, para que hagan el uso adecuado en beneficio de los usuarios, junto al estudio y diseño será entregado el análisis de agua y los criterios de calidad admisibles que rige la Tabla 3 del Libro VI del Texto Unificado Legislación Secundaria, Medio Ambiente, TULSMA

Palabras claves: Caída hidráulica, Resalto hidráulico, Coeficiente de rugosidad, Ecuación de la energía, Topografía, Coeficiente de Manning.

ABSTRACT

This technical project presents the need to direct the flow efficiently, due to the fact that the current state of the irrigation canal of the study branch has intervened in the behavior of the flow due to the fact that weeds, mud and sediments have been a problem for the 25 direct users of the sector.

In the present project, a topographical survey was carried out, to later translate it into a computer software, to demonstrate the profile of the terrain, the slopes that depended on the unevenness of the heights were analyzed, separating by sections, the critical slopes were defined and the slopes were determined. types of flow in each zone. Once the previous studies were obtained to verify the feasibility of the project, the concrete channel was designed, taking into account the conditions covered by the project, a trapezoidal section was chosen, this using the H-CHANNEL software, thus determining all the elements geometric structures, then a computational tool was used for the hydraulic calculation of structures thanks to its graphic display of data and results, based on the calculation of the normal depth, critical depth, hydraulic jump, backwater curves, the design of rapids or hydraulic drops.

The documents will be presented to the Chacón Sevilla Irrigation Board, so that it makes the appropriate use for the benefit of the users, together with the study and design, the water analysis and the admissible quality criteria governed by Table 3 of Book VI of the Unified Text Secondary Legislation, Environment, TULSMA

Keywords: Hydraulic fall, Hydraulic jump, Roughness coefficient, Energy equation, Topography, Manning coefficient.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

“DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CONDUCCIÓN Y DESCARGA DE LOS REMANENTES DEL ÓVALO FRUTILLAR DE LA JUNTA DE AGUAS CHACÓN SEVILLA, SECTOR IZAMBA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA TUNGURAHUA.”

1.1. Antecedentes Investigativos

La agricultura es la actividad de mayor relevancia en la economía de Tungurahua, la calidad del suelo de esta Provincia hace que cuenten con una producción diversa y abundante, es así que, un cincuenta por ciento de los terrenos se los dedican a la producción agrícola, por lo que, concentra a un cuarenta por ciento de la población económicamente activa. Al pertenecer a la región interandina del Ecuador grandes extensiones cultivan productos para el consumo nacional, entre los productos que se pueden encontrar están: cebolla, tomate, lechuga, papas, brócoli, col, remolacha, aguacates, manzanas, duraznos, entre otros.

El agua de regadío es un recurso fundamental para la agricultura, los cultivos necesitan al menos un riego de agua por semana, es por esto que, los agricultores han buscado la manera de conducir este recurso hacia sus sembríos para que su producción sea rentable, y el medio más rápido para conseguirlo es hacer canales naturales con el fin de encausar y conducir éste recurso, pero al hacerlo sin control técnico, se ha obviado una conducción eficiente de dicho recurso, pues aparte de un revestimiento que evite fugas, desbordamientos u otros daños, tampoco se ha previsto una descarga final, pues, una vez aprovechado el agua se necesita encausarlo para conducirlo nuevamente al río, en épocas de invierno generalmente el caudal en las acequias aumenta, esto sumado a la maleza, a los sedimentos y obstáculos que intervienen en los canales naturales hacen

que sobrepasen de su límite provocando daños en los cultivos aledaños que representa pérdidas económicas notables para el agricultor. [1]

Los miembros con que actualmente la Junta de aguas Chacón Sevilla de la provincia de Tungurahua cantón Ambato son 1000 usuarios, de los cuales 35 usuarios serán los beneficiarios directos además al conducir los remanentes de éste ovalo hacia su descarga final se beneficiarán, también, los demás usuarios del Óvalo Frutillar, siendo 100. Hasta el momento existe una discusión por donde desaguar todo el caudal, porque el abastecimiento de la acequia natural actual es inferior al requerimiento del canal de descarga.

1.2.Fundamentación Legal (Estatutos del directorio de aguas de la acequia Chacón Sevilla)

1.2.1. Organismo, Fines y Administración.

Art 1.- *“Los Usuarios de la acequia Chacón – Sevilla, acogiéndonos a la ley de aguas publicada con decreto No 369 del 18 de mayo de 1972 y el reglamento de la misma, constituidos en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, se organizan en el directorio de aguas de la acequia Chacón Sevilla”.* [2]

Art 2.- *“El objeto de esta organización, es la administración, conservación y mejor aprovechamiento de las aguas de este canal, según las concesiones otorgadas y las que se otorgaren por parte del Instituto Ecuatoriano de Recurso Hidráulicos”.* [2]

1.3.Diseño Hidráulico en Canales

El diseño hidráulico de canales consiste en realizar el dimensionamiento y la forma geométrica del canal en función al canal que transporta de acuerdo a la demanda de agua requerida por el sistema de riego, el diseño de un sistema de riego y drenaje lleva implícito, también, el diseño de un conjunto de obras de protecciones estructuras, mediante las cuales se efectúa la capacitación, conducción, distribución, aplicación y evacuación del agua, para proporcionar, de una manera adecuada y controlada, la humedad que requieren los cultivos para su desarrollo [3].

1.4.Hidráulica

El vocablo “hidráulica” proviene de dos voces griegas “hidro” que significa agua y “aulas” que significa tubo o canalón, entonces al unir los dos vocablos se tiene “movimiento de agua por tubería”. Actualmente este concepto de hidráulica solo tiene significado histórico, ya que con el desarrollo de la producción y la técnica se ampliaron paralelamente las ramas de estudio y la aplicación de las leyes de la hidráulica. [4]

Se conoce que la hidráulica es la ciencia que se encarga del comportamiento de los líquidos y propiedades, además se encarga de solucionar problemas de la naturaleza como conducción para abastecimiento de agua para el consumo como también para el riego y para la generación de energía hidroeléctrica [5].

1.4.1. Ley de movimiento en la hidráulica.

Mediante estudios de movimiento de los fluidos se implementaron leyes del movimiento que forma parte de la física básica, con esto se puede llegar a obtener soluciones claras y concisas a los fenómenos que se muestra por la acción de las fuerzas exteriores y también las que actúan bajo acción de la gravedad con relación a los objetos en particular, las leyes de movimiento en la hidráulica fueron expuestas por varios científicos, a los que les llevo mucho tiempo el poder encontrarlas [6].

La primera ley afirma que todo cuerpo se mantiene en estado de reposo a no ser que actúe sobre él una fuerza que genera una modificación en el mismo, esta ley es conocida como la ley de la inercia, la cual tiene en cuenta como un cuerpo puede detenerse por la fricción cuando se desliza por una superficie o por medio de la acción de una fuerza que detenga su movimiento libre, por ejemplo el agua que se encuentra en un río, cuando se encuentra en pendiente inclinadas alcanza grandes velocidades; mientras que cuando disminuyen las pendientes por la fricción con la superficie por donde se desliza su velocidad disminuye. [6]

La ley de la fuerza señala que, si existe algún cambio de movimiento que produzca una aceleración en cualquier cuerpo, esto está directamente relacionado con la fuerza que se le aplica al mismo. Esto se aplica en hidráulica, ya que se puede deducir la

fuerza que va a generar un cuerpo de agua cuando se conoce su masa y su aceleración, la aplicación práctica de este concepto es el caso de las hidroeléctricas ya que utilizan enormes cuerpos de agua que al dejar caer desde ciertas alturas producen aceleración y conociendo su masa se genera una gran fuerza y todo esto produce energía potencial que después se transforma en energía mecánica que logran girar turbinas para finalmente generar energía en eléctrica. [6]

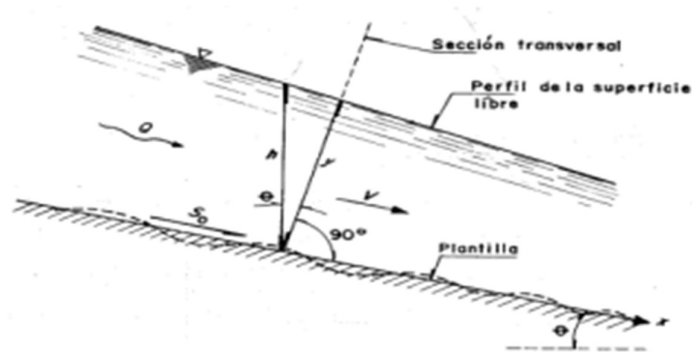
1.5. Flujo En Canales Abiertos

Los canales son estructuras hidráulicas que sirven para transportar fluidos debido a la acción de la gravedad, no están sujetos a presión hidráulica ya que no están confinados, además se encuentran en superficies libres por la que la presión atmosférica actúa sobre la superficie del fluido, el flujo en canales se lo puede clasificar de acuerdo a su origen, que puede ser:

Naturales aquellos que la naturaleza se encargó de darle forma y de crearlos con el transcurso del tiempo.

Artificiales aquellos creados por el hombre como por ejemplo: diques , canales de riego, vertederos [5].

Figura 1: Vista longitudinal de un canal abierto



Fuente: [7]

1.6.Regímenes De Flujo

El flujo de canales abiertos puede clasificarse en muchos tipos y distribuirse de diferentes maneras con relación en la profundidad del flujo con respecto a función del tiempo se mencionará el flujo permanente y flujo no permanente y al con respecto a la función del espacio se mencionará al flujo uniforme y flujo no uniforme.

1.6.1. Flujo permanente

Se considera permanente cuando la velocidad en un mismo punto es la misma al pasar varias partículas por dicho punto, por lo tanto, la velocidad es constante con respecto del tiempo. Los problemas técnicos consideran esta condición. Otra condición es que la profundidad permanece constante durante un intervalo de tiempo [8]

Figura 2: Flujo permanente en canales abiertos.

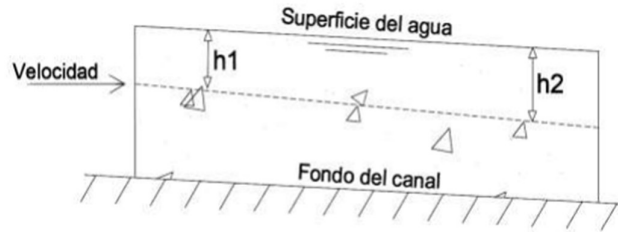


Fuente: [8]

El flujo no es permanente si la profundidad no cambia con el tiempo. En la mayor parte de canales abiertos es necesario estudiar el comportamiento del flujo solo bajo condiciones permanentes, sin embargo, el cambio en la condición del flujo con respecto al tiempo es importante, el flujo debe tratarse como no permanente, el nivel de flujo cambia de manera instantánea a medida que las ondas pasan y el elemento tiempo se vuelve de vital importancia para el diseño de estructuras de control, para cualquier flujo, el caudal Q en una sección de canal se expresa por $Q = VA$. Donde V es la velocidad media y A es el área de la sección transversal de flujo perpendicular a

la dirección de este, debido a que la velocidad media está destinada como el caudal dividido por el área de la sección transversal [9].

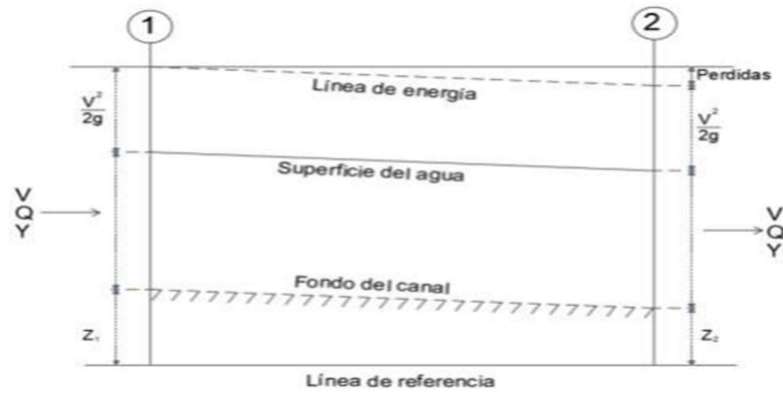
Figura 3: flujo no permanente en canales abiertos



Fuente: [8]

En la función de espacio el flujo uniforme cuando las condiciones de: profundidad, velocidad y caudal, no varían de un punto a otro del canal, es decir, se mantiene constante. Otro punto importante es que para estas condiciones las pendientes son paralelas tanto para la línea de energía, la superficie del agua y el fondo del canal [8].

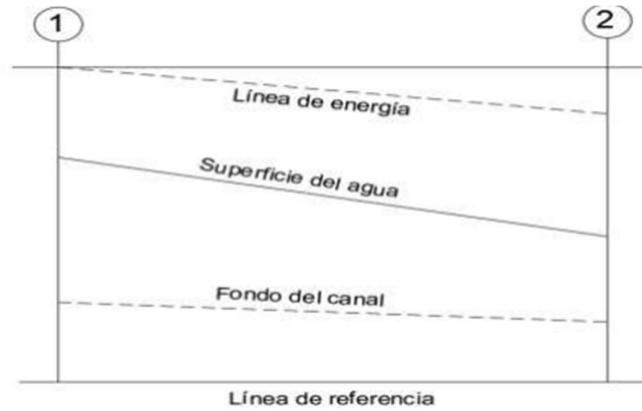
Figura 4: Flujo uniforme para canales abiertos



Fuente: [10]

En función de espacio el flujo es no uniforme cuando la profundidad del líquido varía a lo largo del canal abierto, es decir las pendientes de energía no son iguales [10].

Figura 5: Flujo no uniforme en canales abiertos



Fuente: [10]

1.6.2. Estados de flujo

Para determinar el comportamiento o el estado de un fluido en canales abiertos, se toman en cuenta dos parámetros importantes, la viscosidad y la gravedad, mismas que tienen gran relación con las fuerzas inerciales del flujo. Dentro de los problemas en canales abiertos que se presentan en la ingeniería hidráulica, la tensión superficial, aunque presenta comportamientos significativos y afectan en el flujo de canal, esto no es tomado en cuenta ya que no toma un papel de importancia para la resolución del problema.

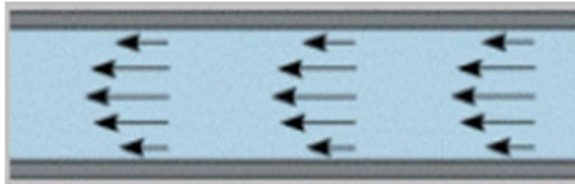
1.6.2.1. Efecto de viscosidad.

Debido a este efecto el flujo puede tornarse laminar, turbulento, o transicional por la relación con la inercia.

1.6.2.2. Flujo laminar

Al ser gradiente de velocidad muy baja, las fuerzas inercias viscosas son muy fuertes con respecto a las fuerzas inerciales. En este tipo de flujo el movimiento de las partículas del fluido describe una trayectoria lenta y definidas como líneas de corriente, el fluido se mueve por capas infinitesimales lo que aparentan deslizarse sobre capas adyacentes [11].

Figura 6: Vista superior del flujo laminar



Fuente [10]

1.6.3. Flujo turbulento

Es el flujo que más se presenta en los problemas de ingeniería. Al aumentar la gradiente va incrementando la fricción entre partículas, es decir, se da cuando las fuerzas de viscosidad son más débiles con respecto a las fuerzas inerciales, debido a esto las partículas del fluido se mueven de manera desorganizada o por trayectoria irregular [11].

1.7. Número de Froude

El efecto de la gravedad que tiene en el estado de flujo se puede presentar por medio de la relación entre las fuerzas gravitacionales. Esta relación está definida por el número de Froude con la siguiente formula: [11]

$$F = \frac{V}{\sqrt{g * d}} = \frac{V}{\sqrt{g * \frac{A}{T}}}$$

Donde:

F= número de Froude

V= velocidad media de flujo, en m/s^2

g= aceleración de la gravedad $9.81m/s^2$ o 32.4 pies/ s^2

d= tirante medio del agua en metros

A= área hidráulica en m^2

T= espejo de agua o ancho superficial en metros

1.8. Numero de Reynolds

Para determinar el efecto que tiene la viscosidad dentro de un flujo puede representarse mediante el número de Reynolds con la siguiente formula. [10]

$$Re = \frac{V * L}{\mu}$$

Donde:

V= velocidad media del flujo en m/s.

L= longitud característica igual al radio hidráulico R_h , m.

μ = viscosidad cinemática del flujo en m^2/s . [10]

1.9. Distribución de velocidades en una sección de canal.

La distribución de velocidades en un canal se debe a la presencia de la superficie libre y la fricción que interactúa a lo largo de las paredes del canal, por esta situación las velocidades no están uniformemente distribuidas a través de su sección, para el estudio de la distribución de las velocidades se considera dos secciones [8].

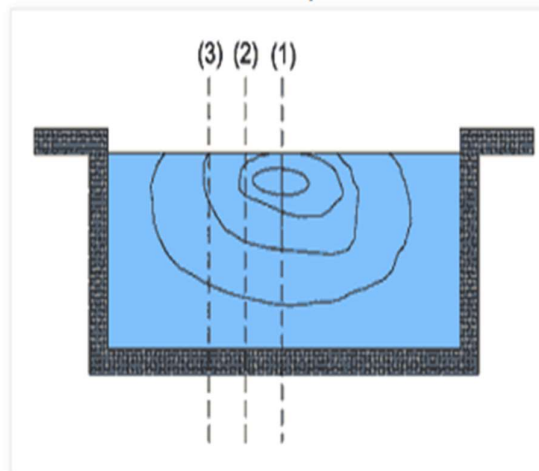
1.9.1. Sección transversal

Debido a la esencia de la superficie libre y la fricción a lo largo de las paredes del canal las velocidades de un canal no están del todo distribuidas en su sección. La máxima velocidad medida en canales normales a menudo ocurre por debajo de la superficie libre a una distancia de 0.05m a 0.25m de la profundidad; cuando más cercas estén las bancas más profundo se encuentra este máximo [12].

La distribución de secciones de un canal depende también de otros factores como una forma inusual de la sección, la rugosidad del canal y de la presencia de curcas en una corriente ancha, rápida y poco profunda o en un canal muy liso la velocidad máxima por lo general se encuentra en la superficie libre [12].

La resistencia ofrecida por las paredes y por el fondo de canal reduce la velocidad. En la superficie libre, la resistencia ofrecida por la atmosfera y por el viento (aunque este último tiene muy poco efecto) también influye sobre la velocidad. La velocidad máxima medida en canales será encontrada en vertical [8].

Figura 7: Sección transversal

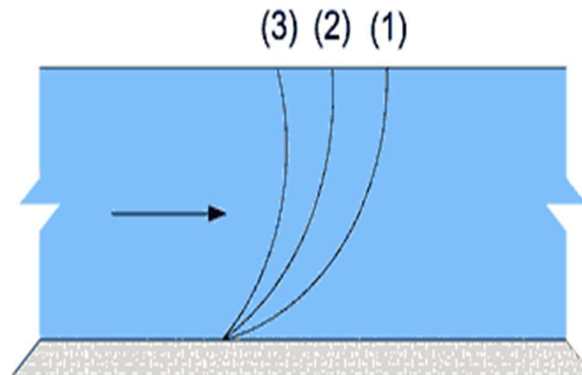


Fuente: [13]

1.9.2. Sección longitudinal

La variación de velocidad en las verticales (1), (2) y (3), indica anteriormente.

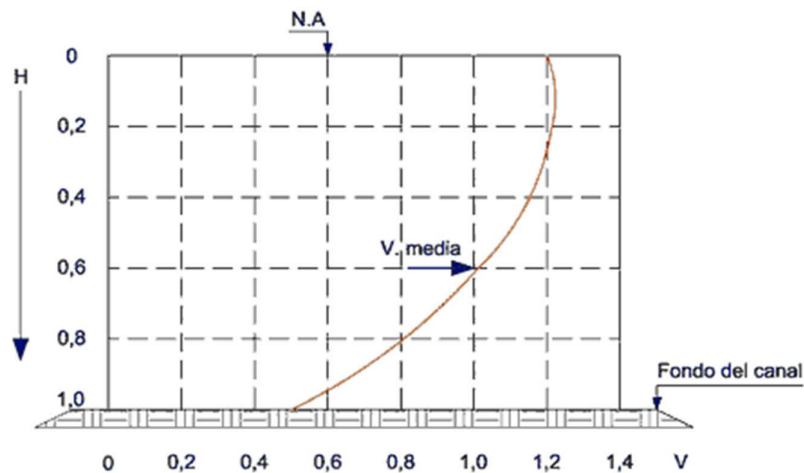
Figura 8: Variación de las velocidades en las verticales (1), (2) y (3)



Fuente: [13]

Considerándose la velocidad media en determinada sección como igual a 1.0 m, se puede trazar el diagrama de variación de la velocidad con la profundidad.

Figura 9: Variación de la velocidad con la profundidad

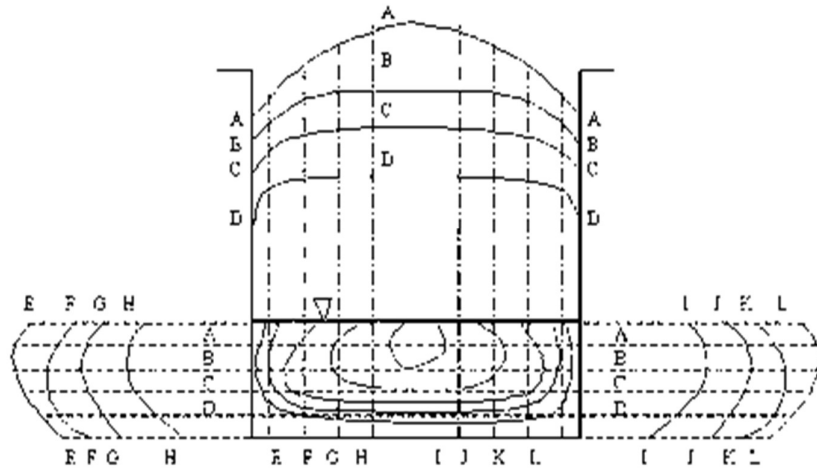


Fuente: [13]

La distribución de velocidades en una sección de canal depende también de otros factores entre ellos la forma inusual de la sección, la presencia de curvas a lo largo del canal, etc. En una curva la velocidad se incrementa de manera sustancial en el lado convexo debido a la acción centrífuga de flujo.

Se dará a conocer un modelo general de la distribución de velocidades para varias secciones horizontales y verticales en un canal con sección rectangular y las curvas de igual velocidad de la sección transversal [5].

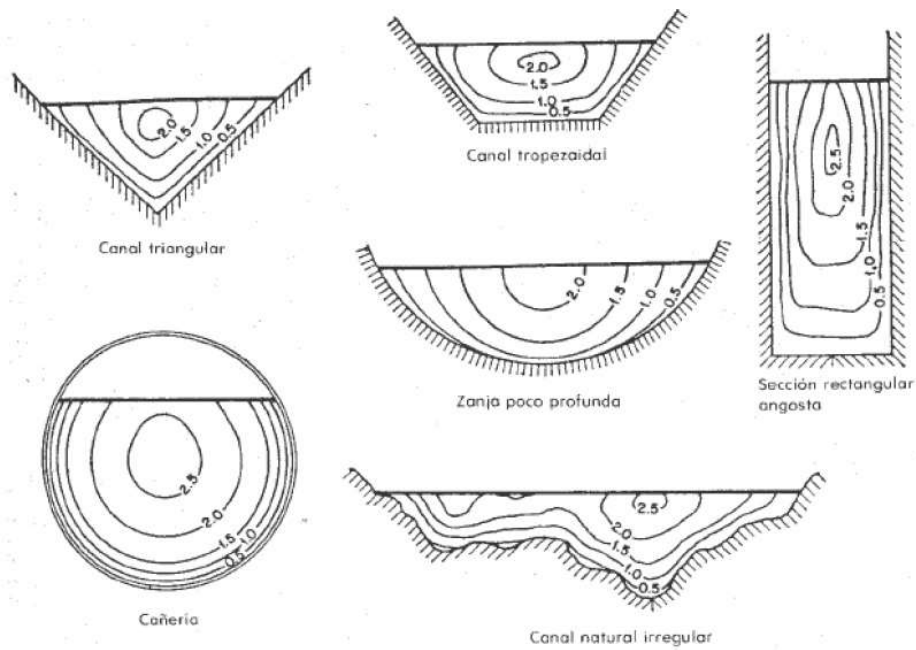
Figura 10: Modelo general de la distribución de las velocidades



Fuente: [13]

La velocidad del flujo del canal abierto en sentido vertical se supone parabólica para flujo laminar y logarítmica para flujo turbulento. Por lo general la máxima velocidad en canales normales de sección geométrica definida y recubrimiento de hormigón, se obtiene a una distancia de 0.05 a 0.25 de su profundidad, debajo de la superficie libre. La rugosidad del canal juega un papel muy importante, por ejemplo, si las paredes son lisas la máxima velocidad estará en la superficie libre y a medida que la rugosidad sigue aumentando la velocidad se toma parabólica [8].

Figura 11: Distribución de velocidades verticales en una sección de canal



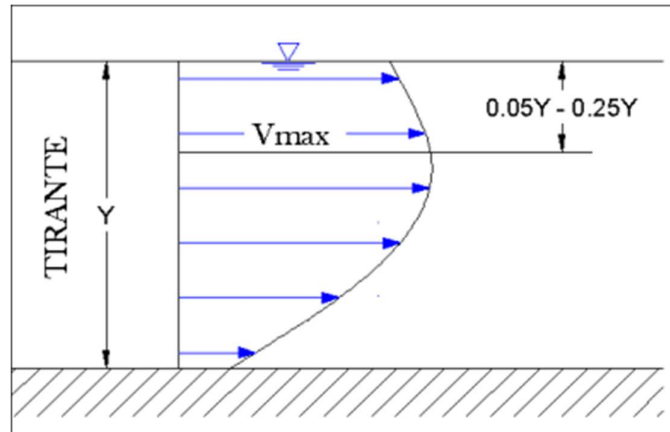
Fuente: [14]

1.10. Distribución de velocidades en los canales

La velocidad en un canal no está uniformemente distribuida en su sección debido a varios factores como son: rugosidad del canal, tipo de sección, viscosidad y fricción. Las cuales las velocidades se dividen en las siguiente: [15]

- Velocidad máxima
 - Velocidad media
 - Velocidad mínima
- a. **Velocidad máxima.** La velocidad máxima encontrada en la sección se localiza aproximadamente entre 5% a 25% respecto a su profundidad (tirante) medido desde la superficie del fluido, estos valores aproximados se atribuyen al movimiento circulatorio secundario inducido por la proximidad de las paredes del canal. [15]

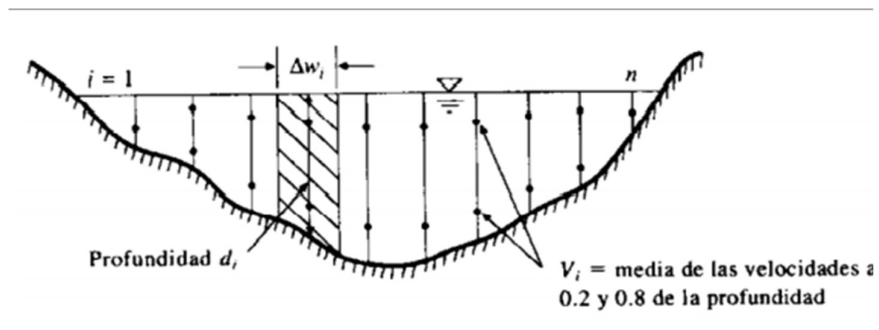
Figura 12: Distribución vertical de la velocidad máxima en un canal abierto



Fuente: [14]

- b. **Velocidad media.** La medición varía dependiendo al ancho y sección del canal, tal es así cuando se tiene un canal de sección pequeña la velocidad media se mide en el centro y a una profundidad de 0.6 veces al valor del tirante. En cuando se tiene canales anchos y profundos es conveniente dividir el ancho en partes iguales en cada subsección, entonces la medición se efectuará a 0.2 y 0.8 veces el valor del tirante obteniendo así un valor de la velocidad media en cada subsección [16]

Figura 13: Sección de un canal obteniendo la velocidad media.



Fuente: [17]

- c. **Velocidad mínima.** La velocidad mínima en canales abiertos se encuentra en la proximidad de las paredes como también en el fondo del canal, debido a la fricción que existe sobre el fluido reduciendo la velocidad. En el fondo del canal el agua se mueve con más lentitud en relación al resto, incluso llegando hasta el valor de cero [15].

1.11. Coeficiente e distribución de las velocidades de coriolis (α) y Boussinesq y (β)

Las ecuaciones de energía y momentun expresadas en forma integral utilizan promedios del campo de velocidad (distribución uniforme de velocidades) esta aproximación produce errores en la estimación de energía cinética. [18]

El coeficiente de coriolis es un valor esta la relación directa con la energía cinética que lleva un fluido y la energía cinética en el supuesto que la velocidad tenga un valor constante y tenga el mismo valor que la velocidad media en la sección [5]

El coeficiente de Boussinesq, es un valor que expresa la relación entre la cantidad de movimiento real que existe en una sección y la cantidad de movimiento suponiendo la velocidad en la sección sea uniforme [5]

Debido a la distribución de la velocidad no uniforme, le velocidad es mucho mayor a la calculada con la siguiente expresión [10]

$$\frac{v^2}{2 * g}$$

Donde V es la velocidad media. Para el cálculo de altura de velocidad real cuando se utiliza el principio de energía se expresa de la siguiente manera [10]

$$\alpha * \frac{v^2}{2 * g}$$

Donde α es el coeficiente de Coriolis el cual ha sido determinado mediante trabajos experimentales y varia de 1.03 hasta 1.36 para canales prismáticos. El coeficiente toma valores altos si se considera canales pequeños y valores bajos si se plantean canales profundos con corriente considerablemente grandes [10].

El coeficiente β o coeficiente Boussinesq es utilizado debido a que la distribución de velocidades afecta al momentum, w es el peso unitario del agua, Q que es el caudal y V es la velocidad media [10].

$$\beta * w * \frac{Q * V}{g}$$

Donde β es el coeficiente de momentum, w es el peso unitario de agua, Q es el caudal y V es la velocidad media. El coeficiente vario entre 1.01 y 1.12 para canales prismáticos aproximadamente rectos [10].

Tabla 1: Coeficiente de distribución de velocidades.

CANALES	VALORES α			VALORES β		
	Min.	Prom.	Max.	Min.	Prom.	Max.
Canales regulares, canaletas y vertederos	1.10	1.15	1.20	1.03	1.05	1.07
Corriente naturales y torrentes	1.15	1.30	1.50	1.05	1.10	1.17
Ríos bajo cubiertas de hielo	1.20	1.50	2.00	1.07	1.17	1.33
Valles de ríos inundados	1.50	1.75	2.00	1.17	1.25	1.33

Fuente: [10]

1.11.1. Determinación de los coeficientes α Y β

Coeficiente α

$$\alpha = \frac{\int v^3 dA}{V^3 * A} = \frac{\sum v^3 \Delta A}{V^3 * A}$$

Coeficiente β

$$\beta = \frac{\int v^2 dA}{V^2 * A} = \frac{\sum v^2 \Delta A}{V^2 * A}$$

También se cuenta con fórmula más sencillas por medio de las cuales se pueden encontrar los coeficientes de manera aproximada [10].

$$\mu = \frac{V_m}{V} - 1$$

$$\alpha = 1 + \mu^3 - 2\mu^3$$

$$\beta = 1 + \mu^2$$

Donde:

V_m : es la velocidad máxima

V : es la velocidad media del flujo

1.12. Generalidades de sistema de canales

1.12.1. Sistema de canales

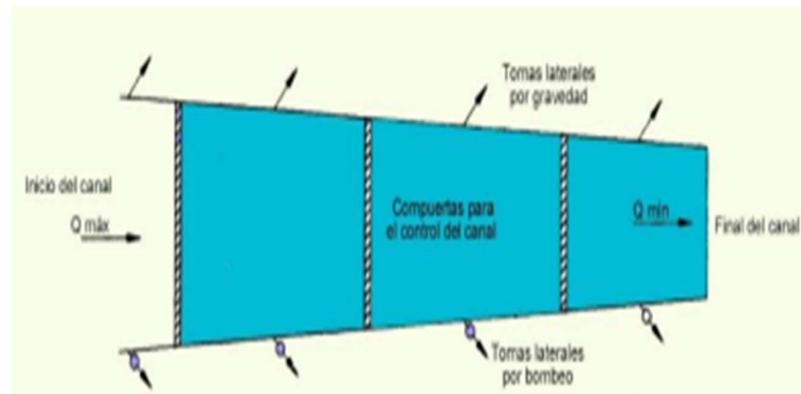
El sistema de conducción y distribución o red de canales es uno de los elementos más importantes de una zona de riego. Esta red es diseñada y contribuye para conducir el agua de un sitio a otro, de tal manera que llegue en cantidad y con la oportunidad requeridas para satisfacer las necesidades de los cultivos, la industria, los asentamientos humanos, la fauna silvestre o acuícola, los sistemas de recreación y demás servicios que demandan este recurso y que se encuentra dentro del área de influencia de la zona de riego de riego. Los sistemas de canales se clasifican en tres grandes grupos:

- Sistema de entrega
- Sistemas de recolección
- Sistema de conexión

1.12.1.1. Sistema de entrega

El agua se transporta desde una fuente de abastecimiento hasta un determinado número de tomas o puntos de demanda. Este tipo de sistema es común en proyectos de irrigación, industria, zonas urbanas y sistemas piscícolas [19]

Figura 14: Sistema de entrega



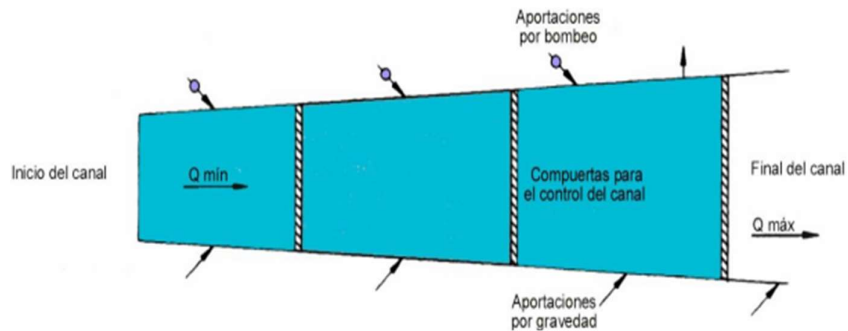
Fuente: [20]

Los sistemas de agua pueden operarse con más eficiencia a través de control de aguas abajo. Los errores en el gasto son transferidos hacia aguas arriba dentro de los tramos libres, por lo que deben tener la suficiente capacidad de almacenamiento para absorberlos y atenuarlos. Este mismo rozamiento puede ser aplicado a una situación opuesta para un sistema de colección, entonces un sistema de colección tiende a incrementar su capacidad hacia aguas abajo; por esta razón la operación debe ser más eficiente al aplicar conceptos de agua arriba [19]

1.12.1.2. Sistema de recolección.

Transporta el agua que se colecta por aportaciones provenientes de varias fuentes de suministros, como derivaciones de pozos de bombeo o descargas de drenes, que conducen el agua producto de los excesos de lluvia o riego asta un punto de desviación o entrega. Estos sistemas se asocian con proyectos de capacitación y de disminución de riesgo por los excesos de agua, como los asociados al control de avenidas y evacuación de drenajes [19]

Figura 15: Sistema de recolección



Fuente: [20]

1.12.1.3. Sistema de conexión

Conduce el agua desde una fuente a un punto específico, es decir lleva el agua de un lugar a otro, sin entregar ni recibir demandas o aportaciones intermedias. Estos sistemas se relacionan con las obras de tomas de las plantas de bombeo, con los

tramos muertos entre las presas y las zonas de riego, y con los proyectos de conducción que unen la red de canales con presas de regulación. Un sistema de entrega tiene su mayor capacidad en su sección inicial aguas arriba. Esta capacidad decrece gradualmente, hasta su extremo final, aguas abajo. Algunas veces se ramifica en sucesivos y pequeños canales laterales. El agua se deriva o se extrae hacia afuera por varios puntos a lo largo del canal, por lo que gradualmente se reduce su sección hasta su extremo final. Por esta razón y entre otros factores, esta disminución en la capacidad de conducción amplifica los efectos de errores en el transporte del gasto hacia aguas abajo [19]

Figura 16: Sistema de conexión



Fuente: [20]

Los sistemas de conexión son, por tanto, neutrales para estos conceptos, debido a que su capacidad de conducción debe de permanecer constante a lo largo de la longitud del canal. Para un sistema de conexión, el origen de los mayores cambios de gastos determina el concepto de control que debe ser usado. Si los cambios de flujo generalmente se originan al inicio aguas arriba, entonces el concepto de control aguas arriba debe trabajar mejor. De aquí que los conceptos de control aguas abajo pueden ser usados si los cambios de flujo se originan principalmente al final aguas abajo del sistema de conexión [19].

1.13. Dimensiones de modelos numéricos

En la mayoría de los casos de interés práctico para la ingeniería civil, se presenta el régimen gradualmente variado que aun en canales de geometría simple requiere de gran cantidad de cálculos numéricos para su solución. Tiempos atrás en los que se

utilizaba sofisticados modelos matemáticos en la mayoría de casos en dos dimensiones y en tres dimensiones dichos modelos podían tener respuesta al transcurrir un importante intervalo de tiempo y solo resueltos por supercomputadoras que estaban disponibles en contados centros de investigación. Es por dicha razón que para un análisis experimental se requiere de modelos físicos que en su mayoría debían ser construidos a una escala lo más parecido a lo natural, con ello se ponía en práctica el estudio de los problemas de flujo superficial más complejos con resultados aproximados a la realidad. El avance de la tecnología a hoy en día a permitido que los valores numéricos utilizados en computadores lleguen a la mayor parte de personas alrededor del mundo debido a la reducción de los precios en software por el aumento de la demanda [10]

1.13.1. Modelos numéricos vs modelos físicos

Sería erróneo afirmar que en la ingeniería hidráulica los modelos numéricos han remplazado a los físicos o que lo aran totalmente en corto plazo. Más correcto será decir que ambos son complementarios y que en el futuro deberían buscarse la modelación hibrida fisico-matemática, en el cual se emplea cada tipo de modelo donde los resultados que pueda ofrecer maximicen la relación beneficio-costo [21]

Existen ventajas y desventajas entre estos dos tipos de modelación, sin embargo, se podría decir que son adicionales. La modelación física es importante para determinar fenómenos en tramos cortos o cuando el uso de fórmulas no está disponible para algún tipo de problema, así como cuando no hay consenso general del uso de las fórmulas matemáticas. La modelación numérica es muy útil para el caso de problema con tramos muy largos en proyecto de gran magnitud o modelación de ríos para su estudio esto se genera un aporte importante en el ahorro económico y ventajas en el aspecto costo – beneficio. Al decir que ambas son complementarias, se estaría pensando que a corto plazo estos dos tipos de modelación podrían crear una sola de tipo físico – matemática, esto maximizara el tiempo de simulación y cálculos más precisos [10].

1.13.2. Tipos de modelos numéricos

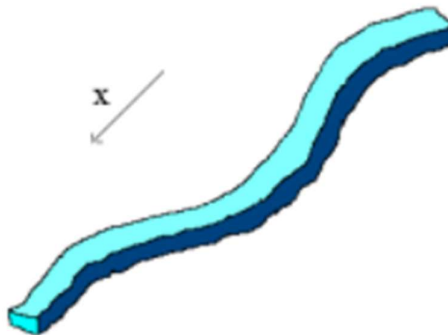
Los primeros modelos numéricos se desarrollaron exclusivamente para resolver un problema particular generalmente de flujo de agua. Tiempo atrás los modelos numéricos creados por ingenieros especializados eran utilizados únicamente para casos específicos, en la actualidad los modelos son más generalizados y pueden ocuparse para el cálculo en distintas condiciones de flujo, resolver fenómenos de transporte, de sedimentos, verificación de agentes contaminantes, calidad de agua e inclusive evaluación de hábitat de seres acuático [21].

1.13.3. Dimensionalidad

1.13.3.1. Modelos unidimensionales (1D)

Para el uso de este modelo, se toma una dimensión como prevaeciente por sobre las otras dos, esta es la longitud que sigue a lo largo de un eje ya sea de un rio o de un canal. Los parámetros requeridos como la información topográfica e hidráulica son ingresados mediante secciones transversales, en estos se calcula el tirante y velocidad promedios en toda la sección transversal. Por lo tanto, cada sección ingresada es representada por el valor único de velocidad media, la cual no considera variación en la distribución de velocidades tanto en sentido horizontal como vertical. Este modelo es más ocupado para la dimensionalidad de ríos o canales en general mayores a 20 veces el ancho y cuando se busca determinar un nivel máximo que pueda alcanzar el agua [22]

Figura 17: esquema de modelos hidráulico unidimensional(X)

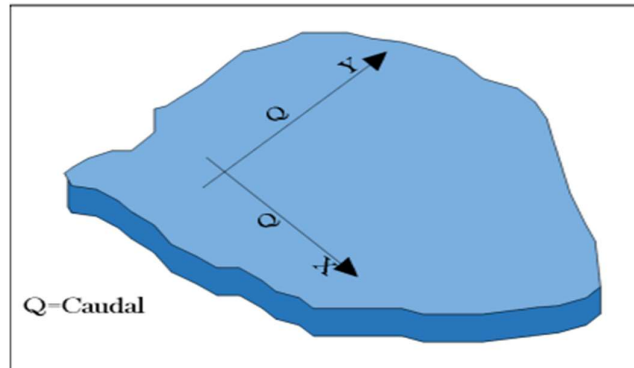


Fuente: [22]

1.13.3.2. Modelos bidimensionales (2D)

Los modelos bidimensionales (2D) consideran las variaciones en las dos dimensiones del plano horizontal. Las variaciones de velocidad u otra magnitud de interés de la columna vertical de agua se promedian y se asumen como un único valor. Estos modelos son especialmente útiles en flujos muy extendidos (como estuarios, lagos, etc.) donde la variación vertical de velocidad es pequeña, por eso suelen llamarse modelos de agua someras o poco profundas. Estrictamente no son aplicables a casos en que la variación vertical de la velocidad es apreciable, como ejemplo podemos decir que el flujo sobre un vertedero o a través de un orificio sumergido; sin embargo, mediante uso de expresiones empíricas o similares pueden incorporar estas singularidades dentro de la modelación. [21].

Figura 18: Esquema de modelo hidráulico bidimensional (X, Y)

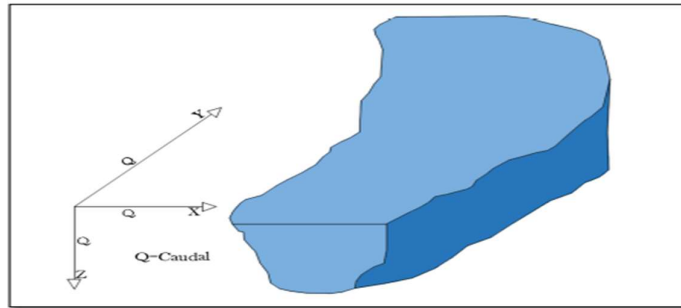


Fuente: [5]

1.13.3.3. Modelos tridimensionales (3D)

Este modelo representa un estado más avanzado de modelación y cálculo, este es capaz de calcular la variación de velocidad en sus tres componentes espaciales, por lo que es aplicable para cualquier tipo de caso práctico [10]

Figura 19: Esquema de modelo hidráulico tridimensional (X, Y, Z)



Fuente: [5]

1.13.4. Método de cálculo

El agua es un medio continuo constituido por un número casi infinito de partículas. Determinar la velocidad de cada partícula es virtualmente imposible y poco práctico; por ello este continuo se divide en elementos discretos de tamaño finito, que la memoria de una computadora es capaz de manejar. En los casos más simples de flujo 1D, la discretización se realiza a nivel de secciones transversales, siendo el método de cálculo por etapas: se hace el balance energético en una sección y se procede a la siguiente, hasta terminar con todas. Si hay problemas de convergencia en una sección, se asume el tirante crítico y se continúa con la siguiente. Por ello estos programas son robustos, rápidos y numéricamente confiables. Los problemas 2D y 3D requieren resolver las ecuaciones diferenciales y por tanto una discretización más fina mediante el uso de mallas. Los métodos principales son el Método de Elementos Finitos (MEF), el Método de Diferencias Finitas (MDF) y más recientemente el Método de Volúmenes Finitos (MVF). Estos métodos resuelven las ecuaciones que tienen dominio continuo mediante la solución en un número finito de puntos discretos en dichos dominios. Cuando los valores buscados (tirante, velocidad, etc.) en dichos puntos discretos son encontrados, la solución en cualquier otro punto puede ser aproximada mediante métodos de interpolación. [21].

Tabla 2: Software para modelación numérica

NOMBRE MODELO	DIMENSION	REGIMEN		TIPO DE FLUJO		CONTORNOS	
		Suberítico	Supererítico	Permanente	Transitorio	Fijos	Móviles
HEC-RAS	1D	X	X	X	X	X	
BRISTARS	2D	X	X	X	X	X	X
RMA-2	2D	X		X	X	X	
FESWMS	2D	X		X	X	X	
RIVER2	2D	X	X	X	X	X	
SSIMM	3D	X		X	X	X	X

Fuente: [5]

1.13.4.1. HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center-River Analysis System)

Este “sistema de análisis de ríos” es un modelo numérico para flujo unidimensional permanente, sin transporte de sedimentos y con capacidad para trabajar con flujos mixtos subcrítico y supercrítico. Es un programa de la nueva generación desarrollado por el Cuerpo De Ingenieros De Estados Unidos (U.S Army Corps of Engineers: USACE) para remplazar a los clásicos HEC-2, UNET y eventualmente HEC-6 también. Puede modelar estructuras fluviales como diques, puentes, alcantarillas y barajes [21].

Es un sistema de modelación numérica para el análisis de ríos, utilizando para el flujo unidimensional no permanente, este no toma en cuenta el transporte de sedimentos salvo en versiones recientes donde se hace posible el cálculo y análisis de estos y cuenta con gran capacidad para trabajar con flujos mixtos, subcrítico y supercrítico [10].

1.13.4.2.Fórmula de Manning

La fórmula de Manning fue desarrollada en el año 1889 por el ingeniero Robert Manning, la fórmula original ha ido evolucionando hasta llegar a la formula actual

Manning presenta una ecuación para poder determinar el valor C en cual está en función del radio hidráulico y de la rigurosidad del canal [23]

$$C = \frac{R_6^1}{n} \pi r^2$$

Donde

R= radio hidráulico, en m

n= coeficiente de rugosidad de Manning.

Ecuación Manning para determinar la velocidad

Para determinar la velocidad se reemplaza el valor C de Manning en la ecuación de Chezy [23]

$$V = C\sqrt{SR}$$

Donde:

V= velocidad m/s.

S= pendiente de la línea de energía.

R= radio hidráulico, m.

Al reemplazar el valor de C de Manning en la anterior ecuación se obtendrá lo siguiente.

$$V = \frac{1}{n} R_3^2 S_2^1$$

Donde:

V= velocidad, m/s

S= pendiente de la línea de energía

R= radio hidráulico, m.

n= coeficiente de rugosidad de Manning.

1.13.4.3. Coeficiente de rugosidad de Manning

El valor de n (coeficiente de rugosidad de Manning) es variable y depende de varios factores. Los factores que mayor influencia tienen sobre el coeficiente de rugosidad de Manning ya sea en canales artificiales o naturales son: [23]

- a. **Rugosidad superficial.** – se presenta debido al tamaño y forma del material que forma el perímetro mojado del canal y por ende producen un efecto retardado de movimiento de flujo. [24]
- b. **Vegetación.** - la siguiente tabla presenta una lista de valores de n para diferentes clases de canales. Para cada tipo de canal se presenta mínimo normal y máximo de n [24]
- c. **Irregularidad de canal.** - las irregularidades se pueden presentar en un canal, pueden ser irregularidad en el perímetro y en la sección del canal [24]
- d. **Alineamiento de canal.** - canales con curvas suaves y radios grandes producen valores de n relativamente bajos, mientras que curvas bruscas provocan severos incrementos en el valor de n [24]
- e. **Sedimentación.** - la sedimentación puede cambiar un canal muy irregular en un canal relativamente uniforme y disminuir el valor de n, la sedimentación dependerá de la naturaleza del material depositado [24]

1.13.4.4. Ecuación de Manning

la ecuación de Manning esta contribuida para canales cuya condición de flujo es uniforme, sin embargo, se utiliza también para examinar las particularidades hidráulica y geométricas. La ecuación está representada bajo la siguiente expresión [10]

$$Q = (A * R^2) * \left(\frac{S^1}{n}\right)$$

Donde:

A = representara el área de la sección.

S = es la pendiente del canal

R = representa al radio hidráulico de la sección

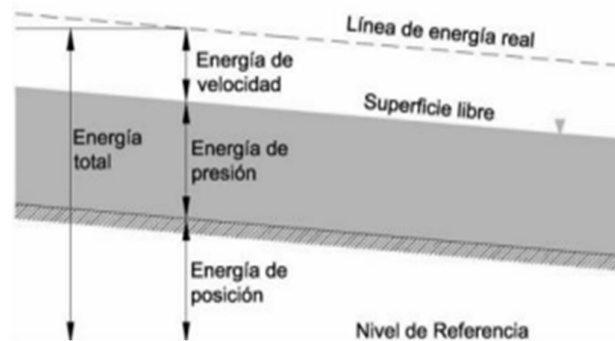
N = es el coeficiente de rugosidad

Q = pertenece al caudal

1.13.4.5.Ecuación de la conversión de energía

La energía total que sigue una línea de corriente a través de una sección está definida como la suma de las energías de posición, presión y velocidad. [25]

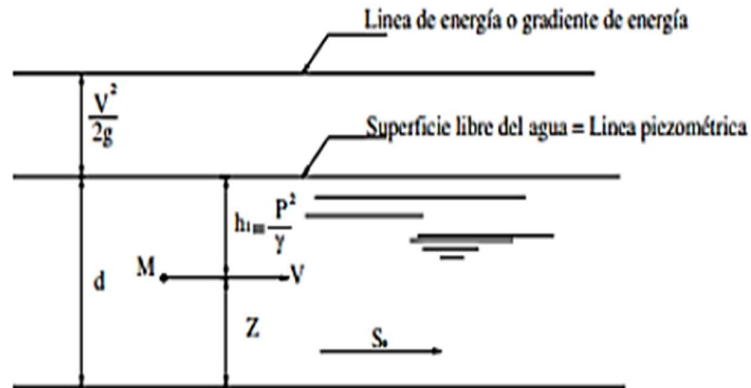
Figura 20: Energía total en una sección de un canal



Fuente: [10]

En la siguiente figura se mostrará cómo se conduce agua a través de un canal de sección uniforme con un tirante “ d ” el cual considera un punto en el fluido “ M ” que se mueve a una velocidad media “ v ” [25]

Figura 21: Componentes utilizados para la conservación de energía.



Fuente: [10]

Donde:

Z_0 = altura de carga de posición, en m.

$\frac{P}{Y}$ = altura de carga de presión, en m.

h_v = altura de carga o velocidad, en m.

de tal manera, la ecuación de la energía aplicada a un flujo en una sola dimensión que pasa por un canal abierto entre un punto alto 1 o aguas arriba y una sección agua abajo o punto 2 se lo puede describir de la siguiente manera [25]

$$Z_1 + y_1 + \frac{V_1^2}{2g} + Z_2 + y_2 + \frac{V_2^2}{2g} + hf$$

O se puede expresar de forma más simplificada donde la energía permanece constante en un punto alto y al llegar a un punto bajo a la energía se suma las pérdidas presentes a lo largo del canal [25]

$$E_1 = E_2 + hf$$

Donde

E_1 = energía en el punto 1

E_2 = energía en el punto 2

h_f = pérdidas presentes en el canal.

1.13.4.6. Pérdida por contracción y expansión

En la mayoría de los canales se necesita hacer cambio de sección transversal ya sea para fines estructurales o por cuestiones de topografía, es decir se debe colocar transiciones para mantener las condiciones de flujo y con esto minorar la pérdida de energía. Si el área de la sección transversal aumenta se trata de una expansión y si se da el caso contrario será una contracción, en ambos casos mencionados los cambios se lo realizarán en tramos rectos de canal [10]

$$hl = C \left[\left(\frac{A_2}{A_1} \right) - 1 \right] * \frac{V_2^2}{2G}$$

$$C = 0.30 \text{ a } 0.35$$

Para pérdidas para contracción utiliza la siguiente fórmula.

$$hl = C \left[\left(\frac{A_2}{A_1} \right) \right] * \frac{V_2^2}{2g}$$

$$C = 0.20 \text{ a } 0.25$$

Donde:

hl = pérdida local debido a la transición

A_1 = área de la sección aguas arriba

A_2 = área de la sección aguas abajo

V_2 = velocidad de la sección aguas abajo

C= coeficiente de geometría

Longitud de transición: se calcula siguiendo el criterio de Hinds mediante la siguiente formula

$$L = \frac{|B_2 B_1| dy}{2 * \tan 12.5}$$

Donde:

L= longitud de transición en m.

B1= ancho de la superficie libre del agua en la sección aguas arriba, en m.

B2= ancho de la superficie libre del agua en la sección aguas abajo, en m.

1.13.5. H CANALES

Es una herramienta practica que nos permite deducir y establecer las particularidades hidráulicas y geométricas de canales, con la que el ingeniero hidráulico puede comprobar la aceptabilidad del diseño. El cual representa una contribución para el diseño de canales y estructuras hidráulicas permitiendo calcular: el tirante normal, tirante crítico, resalto hidráulico, la curva de remanso, caudales y cálculos variados, como pendiente, ancho de solera, coeficiente de rugosidad, diámetros de tuberías para las secciones transversales artificiales de uso común: triangular, rectangular, trapezoidal, parabólica y circular, así como también permite el cálculo de Vertederos Triangular, Rectangular y Trapezoidal. Este software debido a su huso ha marcado pauta para el diseño de canales en las mayorías de países a nivel mundial [23].

1.2. Objetivos:

1.2.1. Objetivo General

Diseñar hidráulicamente el canal para la conducción y descarga de los remanentes del Óvalo Frutillar de la Junta de riego Chacón Sevilla, Sector Izamba, Cantón Ambato, Provincia Tungurahua.”

1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar un levantamiento topográfico del área de estudio
- Determinar la calidad de agua para uso agrícola en el sector del proyecto
- Diseñar el canal con los estudios y datos obtenidos in situ, utilizando las herramientas ocupacionales Civil 3D, Hec-Ras y H Canales.
- Determinar el presupuesto del proyecto

CAPITULO II

2. METODOLOGÍA

2.1.Materiales

- a. Para el aforo del caudal en la zona de estudio se necesita los siguientes materiales:
 - Flotador
 - Cronometro
 - Flexómetro
- b. El levantamiento topográfico se lo realizará con el equipo RTK, *Real Time Kinematic*, y un GPS.
- c. Para el análisis de calidad de agua se necesitarán probetas para el muestreo
- d. Para el diseño los Software necesarios son:
 - Civil 3D
 - Excel
 - HCanales
 - Hec-Ras

2.2.Métodos

2.2.1. Método descriptivo

Determinar propiedades y características hidráulicas del canal natural abierto con el propósito de analizar el comportamiento del flujo en la sección actual, con la inspección visual del sitio, se podrá describir también, los efectos que representa en los sitios del daño por excluir el encause necesario. [2]

2.2.2. Método experimental

Para aforar las velocidades y por lo tanto llegar al caudal, se realizará un método experimental utilizado en la hidráulica de canales conocido como el flotador. Que se trata de un método experimental que consiste en la lectura del tiempo que demora en transcurrir un objeto en una cierta longitud. Además, para analizar la calidad de agua

para el uso agrícola como lo menciona el TULSMA, se tomará muestras para enviar al laboratorio y realizar el análisis necesario. [2]

2.2.3. Método explicativo

Este método permite adaptarse con el tema de estudio para buscar teorías que permitan llegar al diseño, así como también, para relacionar los datos con los resultados y así dar un criterio explicativo del estudio [2]

2.2.4. Método correlacional

Para interrelacionar los modelos matemáticos obtenidos de los métodos experimentales, con un software computacional para hacer gráfico los resultados, así como también, el uso de Excel para relacionar el proyecto vs la factibilidad de la puesta en obra. [8]

2.3. Plan de recolección de datos

2.3.1. Población y Muestra

La longitud del canal de estudio, que se benefician los usuarios hasta la descarga final representa la población, que es aproximadamente 1.5 km que inicia en el ramal de la acequia perteneciente al óvalo Frutillar, en la calle Méntor Tacoamán y termina en la quebrada de los Tres Juanes, que luego conduce al Río Ambato.

2.3.2. Levantamiento Topográfico

Las características físicas de un canal de regadío natural, suelen ser con irregularidades notables, para lo que, en éste proyecto primero se requiere conocer las cotas del terreno con un levantamiento topográfico, ya sea con estación total, R10, o fotogrametría con Dron, con el propósito de plasmarlo en un software computacional, Civil 3D, para evidenciar el perfil del terreno y analizarlo, que dependiendo de los desniveles de las cotas, se especifique la necesidad de cortes o rellenos para lograr cubrir las condiciones del proyecto.

La herramienta que se utilizará para realizar el levantamiento topográfico es el RTK, también conocido como navegación cinética en tiempo real, el cual recepta señales

GPS y GLONASS, ésta hace la función de la estación base y del prisma en el caso de la estación total, las facilidades de uso de este receptor hacen que sean innecesarios los cambios de estación, que debido a la irregularidad del terreno, desgaste tiempo al momento del levantamiento, es por eso que se ha planificado hacer uso de este equipo.

Para la utilización del RTK se debe considerar lo siguiente:

- Verificar la conectividad del receptor, si existen interferencias se colocará una base del RTK de manera que recpte los datos de esas zonas.
- Empezamos desde la zona de descarga, dándole una proyección de la trayectoria a seguir
- Marcar el eje del canal natural existente, así como las entradas o sub ramales abiertos rudimentariamente por beneficio de los usuarios para sus cultivos.
- Se tomarán los puntos de la entrada principal de este ramal y de la acequia de hormigón simple que la alimenta, siendo éste el inicio del tramo de estudio.
- Una vez obtenidos los datos de Este, Norte, Elevación y Descripción, en formato txt, procedemos a cargarlo al Civil 3D.
- Configurar las características del civil 3D, eligiendo UTM – ZONA 17 SUR, esto para localizar en el mapa en línea la ubicación y referenciación de las coordenadas.
- Configurar estilos de puntos y datos de elevación para una mejor representación en el software
- Cargar los puntos del levantamiento verificando el orden de las coordenadas x, y, z y descripción para evitar errores en el archivo.
- Trazar el eje del canal en estudio, generar curvas de nivel y perfiles longitudinales, para analizar las pendientes del terreno y así, entrar al estudio del proyecto.

2.3.3. Aforo de caudal

Método del flotador

- Inspección visual
- Toma de medidas de la sección del canal actual
- Preparación del método

- Cronometrar el tiempo de llegada del flotador
- Repetición del método para registrar las velocidades
- Calcular mediante tablas en Excel el caudal de entrada, esto gracias al registro anterior.

2.3.4. Software HEC-RAS

Obtener graficas de las curvas de velocidad y tablas que demuestren las relaciones y así obtener, el caudal y la velocidad media, en el software se visualizará el comportamiento en un modelo matemático en varios puntos con el fin de determinar las relevancias y determinar los factores fundamentales para el diseño.

2.3.5. Modelar en Civil 3D

Una vez realizado los cálculos necesarios, en vista de los requerimientos, se procede a modelar el proyecto en Civil 3D, con el propósito de visualizar el afluente.

2.3.6. Toma de muestras para análisis de la calidad del agua

Se tomará una muestra para analizar críticamente según los resultados emitidos por el informe de laboratorio, estos criterios según la Tabla 3 del TULSMA.

2.3.7. Excel

- Representación de datos recopilados in situ
- Representación de resultados obtenidos
- Comparaciones de flujos

CAPITULO III

3. DISEÑO

3.1.Topografía

El proyecto empieza desde la calle principal Méntor Tacoamán, en donde se deriva un ramal hacia la Quebrada llamada Jalubí, el canal grande de sección 60x40cm de alto y ancho respectivamente, se denomina Pisacha es revestido de hormigón, que por falta de mantenimiento se sedimenta el fango y se encuentra con considerable maleza en las paredes, provocando estanqueidad y perdida de pendiente a lo largo de éste canal principal, en medio de este está el ramal, una acequia natural, que por un lado se infiltra provocando daños a los cultivos, mientras que por otro lado, se desborda al tener una sección que no abastece el caudal que le corresponde a cada usuario.

Figura 22: Ubicación del Canal de riego de la acequia Chacón Sevilla



Fuente: Propia

El proyecto llamado Diseño Hidráulico de la conducción y descarga de los remanentes del óvalo Frutillar está comprendida en la zona andina, una topografía variada, característica de la Sierra, el tramo está comprendido en la Parroquia Izamba, siendo ésta zona, altamente productiva, motivo por el cuál es la importancia de una conducción técnica del agua de regadío que se hace uso para el cultivo, actualmente la problemática del sector en estudio, es por la deficiente conducción del caudal que genera problemas de infiltración, derrumbe, por la sedimentación de solidos no se puede llevar la suficiente cantidad de agua descontrolando así los horarios establecidos a los 25 usuarios catastrados. [15]

A continuación, se muestra las parcelas de terreno a las que se está estudiando, en este caso corresponden a un área aproximada de 79997.65 metros cuadrados, que equivale a 8.0 hectáreas.

Figura 23: Ubicación del Canal de riego de la acequia Chacón Sevilla



Fuente: Propia

Los cultivos de estas parcelas de terreno principalmente son de lechuga, col, coliflor, brócoli, cilantro, maíz, alverja, y principalmente se ha observado huertos frutales como durazno, aguacates, tomate, limón; que gracias al clima de esta zona permite que sea productivo, visualmente se ha identificado que el suelo es arenoso, pues tiene poca retención de agua, su permeabilidad es alta, y el tamaño de partículas es medio, a diferencia de los suelos arcillosos y francos. [1]

Las pendientes a lo largo del canal de estudio son variadas, tenemos en la primera zona, que de hipótesis conduce un flujo sub-crítico, una pendiente promedio de 0.51% en los tramos 1 hasta el tramo 5, de abscisas 0+000 a la 0+300; en la zona de transición se ha obtenido una pendiente de 6.43% en 60 m perteneciente a la abscisa 0+300 a la 0+360, se le llama zona de transición por el cambio brusco de pendientes en esta zona, pues en el tercer tramo se tiene una pendiente promedio de 20.68% en 274 metros, esta zona del terreno es muy accidentada por lo que se requiere diseñar una obra de arte hidráulica para evitar erosiones del material por el golpe del caudal debido a la velocidad que adquiere según la pendiente se incremente; por otro lado, la forma actual del canal natural existente representa un rectángulo de sección aparentemente uniforme, solo la acumulación de sedimentos y maleza en ciertos tramos es espesa. [5]

3.1.1. Perfil longitudinal

El perfil longitudinal representa gráficamente las cotas del terreno en el transcurso de una línea base, en donde se puede analizar directamente la trayectoria, en este caso del canal, se ha visualizado las pendientes que mantienen actualmente el flujo en donde, se puede distinguir tres zonas, en el primer caso, arrancando desde el canal madre, es decir el que alimenta a este ramal, tenemos pendientes aparentemente uniformes, al dar 0.51% en 300 metros de longitud lo que se traduce a una pendiente del canal de 0.0017, que es la pendiente a respetar para el posterior diseño; por otro lado tenemos la pendiente crítica en la zona de descarga del flujo, al ser accidentado, se requiere una obra hidráulica que soporte el salto hidráulico que va a producir en el empate al colector ya existente en la abscisa 0+634, las pendientes varían entre 14.39 a 23.35 esto tomado en secciones de 60 metros, en donde se ha generado una pendiente promedio de 20.68 en 274 metros, lo que equivale a una pendiente de diseño por metro de 0.075; entre estos dos casos existe una zona de transición, en donde la pendiente no

coincide con ninguno de lo anteriormente visto, se tiene una pendiente de 6.43 en 60 metros, que pertenece a un valor de pendiente de canal por metro de 0.11. [17]

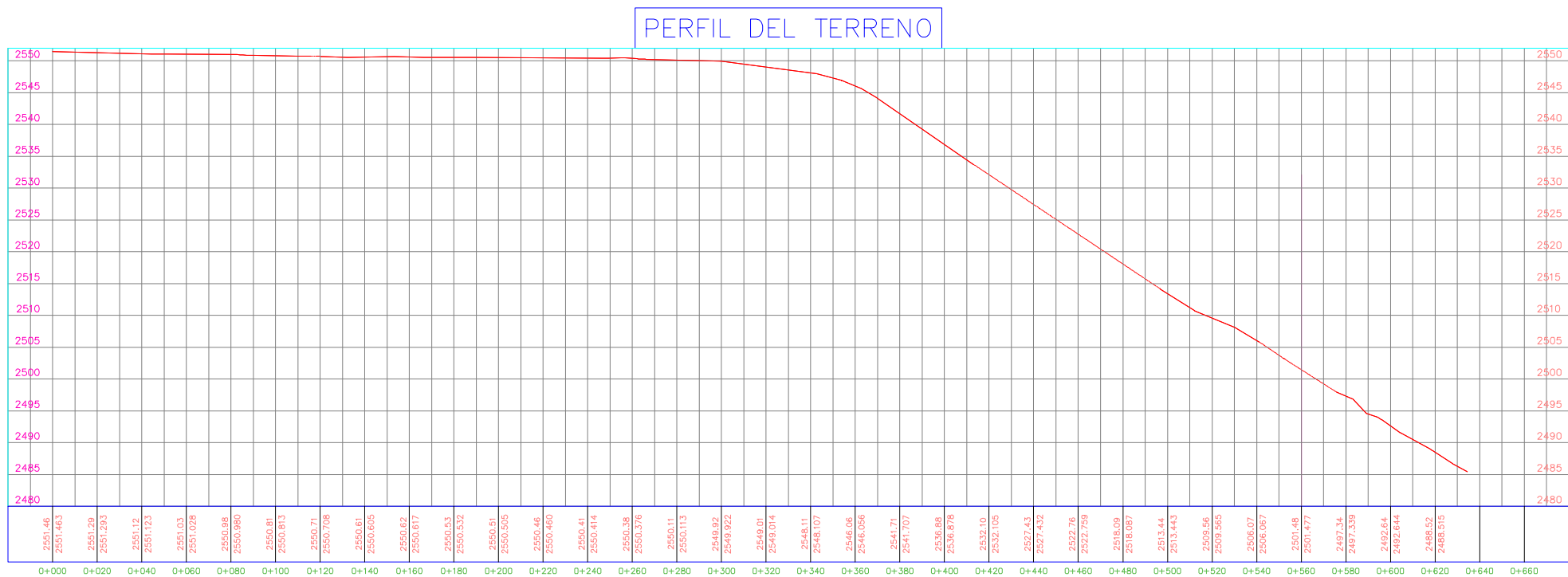
Se representa la tabla de pendientes del terreno, y consecuentemente el perfil del terreno, que en los anexos se puede evidenciar de mejor manera.

Tabla 3: Representación de pendiente

NOMBRE	TRAMO 1	TRAMO 2	TRAMO 3	TRAMO 4	TRAMO 5	TRAMO 6	TRAMO 7	TRAMO 8	TRAMO 9	TRAMO 10	TRAMO 11
PENDIENTE %	0.72	0.53	0.3	0.2	0.82	6.43	23.27	23.35	20.03	22.38	14.39
% PROMEDIO	0.51					6.43	20.68				
ZONA APARENTE	SUBCRÍTICO					TRANSICIÓN	SUPER-CRÍTICO				

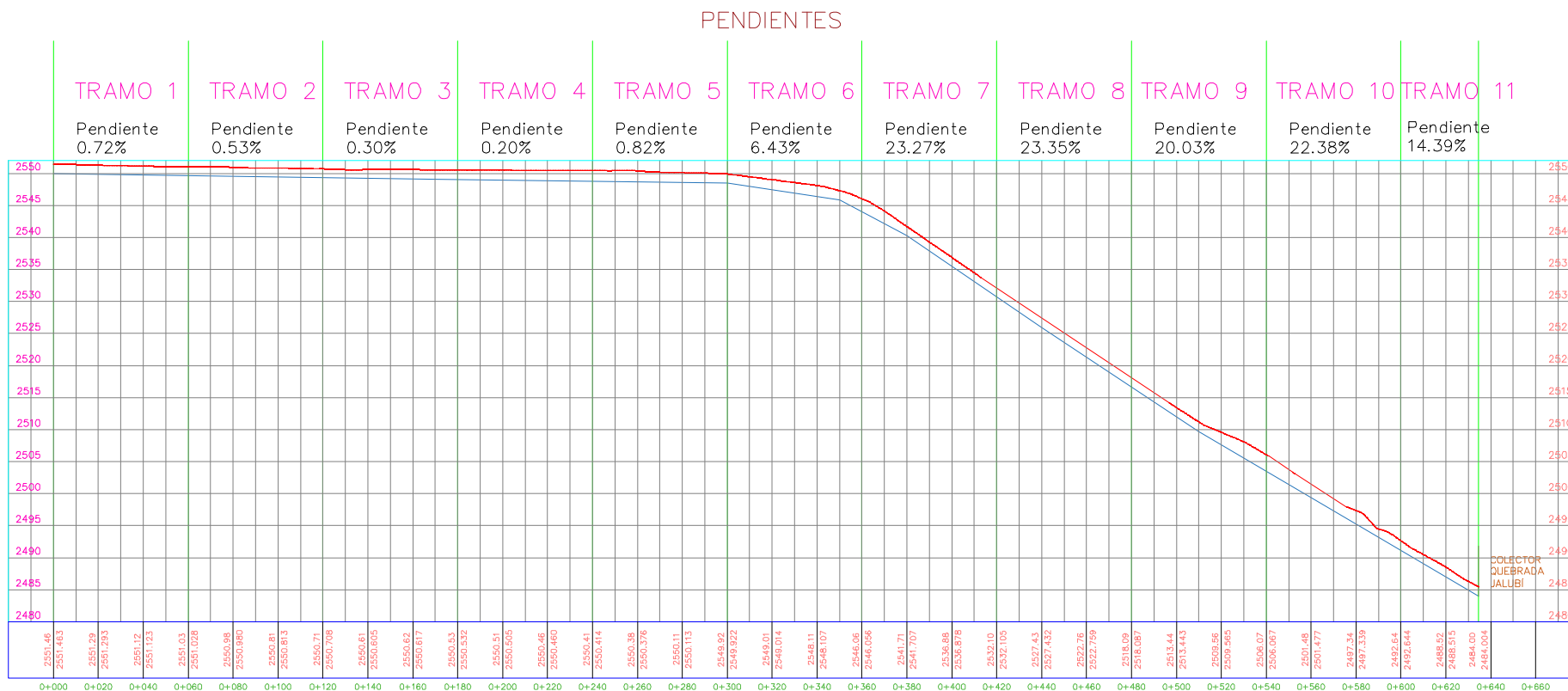
Fuente: Propia

Figura 24: Perfil de terreno



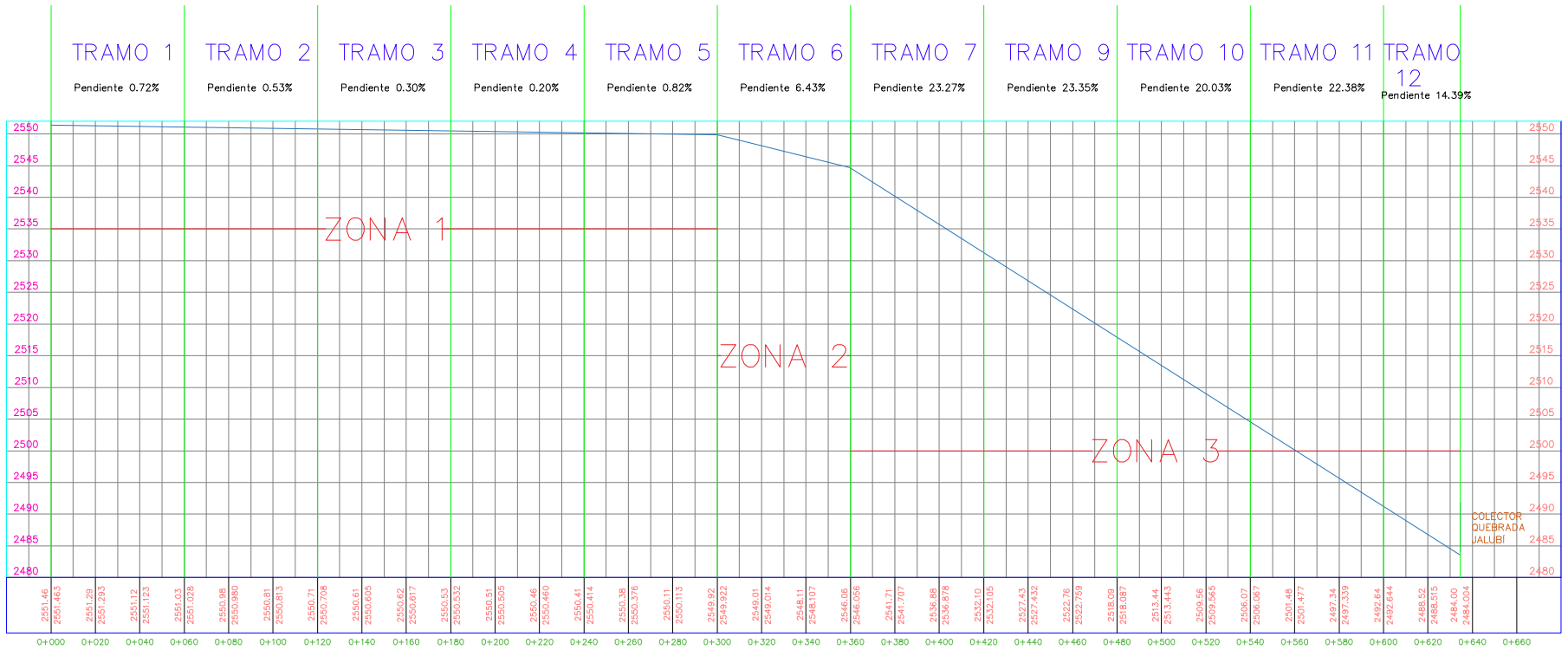
Fuente: Propia

Figura 25: Perfil de terreno vs pendientes



Fuente: Propia

Figura 26: Delimitación de zonas



Fuente: Propia

3.2. Parámetros de calidad de agua para el uso en riego

Se conoce al agua de riego como aquella que se utiliza para la irrigación de cultivos u otros campos que realicen los organismos de esta competencia. El TULSMA, menciona que se prohibirá el uso del agua de riego con presencia de aguas servidas, a menos que se cumpla la Tabla 3 de este texto. [26]

Tabla 4: criterios de calidad de agua

TABLA 3: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA RIEGO AGRICOLA			
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y grasas	Película Visible		Ausencia
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico	As	mg/l	0,1
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	2,0
Cobalto	Co	mg/l	0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,2
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Cromo	Cr ⁺⁺⁺	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Huevos de parásitos			Ausencia
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,001
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,5
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	3
pH	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	5,0
Selenio	Se	mg/l	0,02
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	250
Vanadio	V	mg/l	0,1

Fuente: [26]

Para la recolección de las muestras se debe tener en cuenta que: [27]

- Utilizar equipo de protección
- Esterilizar el recipiente de la muestra
 - En el mismo sitio de prueba someter al menos tres veces el recipiente para esterilizarlo

- Introducir medio recipiente desde la parte del fondo de manera inclinada y una vez lleno tapar sin desprender de la toma
- Etiquetar, con coordenadas y ubicación
- Transportar al laboratorio
- Tomar la muestra en la mitad del cauce
- Llevar las muestras en un periodo de no más de 6 horas para evitar que pierda propiedades al calentarse, o utilizar un estuche de refrigeración para mantener sus propiedades.

Se va a realizar el análisis microbiológico, obteniendo el siguiente resumen:

3.2.1. Muestra 1

Tabla 5: criterios de calidad de agua

Parámetro	Unidad	Contenido	Interpretación
CE	dS/m	0,22	Normal(Sin Restricciones en el uso)
TSD	mg/l	105,00	Normal(Sin Restricciones en el uso)
Ca	mg/l	23,10	Normal(Sin Restricciones en el uso)
Mg	mg/l	2,70	Normal(Sin Restricciones en el uso)
Na	mg/l	13,79	Normal(Sin Restricciones en el uso)
K	mg/l	6,75	Normal(Sin Restricciones en el uso)
CO ₃	mg/l	0,00	Normal(Sin Restricciones en el uso)
HCO ₃	mg/l	34,20	Normal(Sin Restricciones en el uso)
Cl	mg/l	56,00	Normal(Sin Restricciones en el uso)
SO ₄	mg/l	1,80	Normal(Sin Restricciones en el uso)
NO ₃	mg/l	0,00	Normal(Sin Restricciones en el uso)
Fe	mg/l	0,02	Normal(Sin Restricciones en el uso)
B	mg/l	0,02	Normal(Sin Restricciones en el uso)
pH		6,90	Normal (Sin Restricciones)
RAS	(meq/l)½	0,72	Normal(Sin Restricciones en el uso)
Dureza	mg/l	69	Blanda

Fuente: INIAP

3.2.2. Muestra 2

Tabla 6: criterios de calidad de agua

Parámetro	Unidad	Contenido	Interpretación
CE	dS/m	0,23	Normal(Sin Restricciones en el uso)
TSD	mg/l	109,00	Normal(Sin Restricciones en el uso)
Ca	mg/l	19,60	Normal(Sin Restricciones en el uso)
Mg	mg/l	8,50	Normal(Sin Restricciones en el uso)
Na	mg/l	11,63	Normal(Sin Restricciones en el uso)
K	mg/l	3,15	Normal(Sin Restricciones en el uso)
CO ₃	mg/l	0,00	Normal(Sin Restricciones en el uso)
HCO ₃	mg/l	29,30	Normal(Sin Restricciones en el uso)
Cl	mg/l	59,50	Normal(Sin Restricciones en el uso)
SO ₄	mg/l	2,80	Normal(Sin Restricciones en el uso)
NO ₃	mg/l	0,00	Normal(Sin Restricciones en el uso)
Fe	mg/l	0,02	Normal(Sin Restricciones en el uso)
B	mg/l	0,03	Normal(Sin Restricciones en el uso)
pH		6,90	Normal (Sin Restricciones)
RAS	(meq/l) ^{1/2}	0,55	Normal(Sin Restricciones en el uso)
Dureza	mg/l	84	Blanda

Fuente: INIAP

3.2.3. Resultados

Las muestras se han tomado al inicio del canal en estudio Absc. 0+005 y la otra muestra en la Absc. 0+035, los resultados no difieren en comparación de los criterios de la tabla 3 del Acuerdo Ministerial A-095, por lo que el laboratorio detalla una interpretación de Normal, en todos los parámetros analizados, determinando que la calidad de agua es apta para el uso agrícola, pues no tiene restricción de uso.

3.3. Aforo de velocidades

3.3.1. Método del flotador

Condiciones a mantener durante el ensayo [18]

- Elegir un tramo recto
- Evitar el contacto de maleza con el flotador
- Cronometrar lo más preciso posible y en este caso al menos obtener 10 lecturas
- Descartar las lecturas en las que intervienen objetos ajenos al método

- Al elegir un tramo recto, en este caso al inicio de la zona de estudio, en 10 metros de longitud se tomó 10 lecturas de tiempo con el cronómetro, obteniendo los siguientes datos:

Tabla 7: Lecturas de tiempo

# de Lectura	TIEMPO (seg.)
1	1.87
2	1.91
3	1.89
4	1.90
5	1.92
6	1.88
7	1.90
8	1.85
9	1.93
10	1.93

**Tiempo
promedio: 1.90**

Fuente: Propia

Cálculo de velocidad promedio

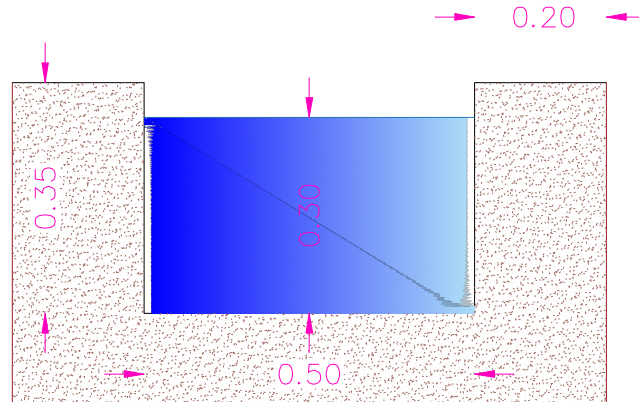
$$V_{media} = d/t$$

$$V_{media} = \frac{10m}{1.90s}$$

$$V_{media} = 5.26 \text{ m/s}$$

Medición de sección: el canal natural existente es de sección:

Figura 27: Sección actual del canal de entrada



Fuente: propia

Tabla 8: Determinación de área

		ÁREA (m ²)
Base (m)	Altura(m)	Base*Altura
0.5	0.3	0.15

Fuente: propia

3.3.2. Determinación del caudal

Se calcula el caudal, con los datos anteriormente de área y velocidad media,

$$Q = V_{media} * A * f_c$$

En dónde;

Q , representa el caudal en m³/s

V_{media} , representa la velocidad promedio en m/s

A , representa el área en m^2

f_c , representa el factor de corrección por ser un canal natural corresponde a 0.70

$$Q = V_{media} * A * f_c$$

$$Q = 5.26m/s * 0.15m^2 * 0.70$$

$$Q = 0.552 m^3/s$$

$$Q = 552.30 l/s$$

3.3.3. Revisión mediante el software H Canales

Tirante (y) = 0.30m

Ancho de solera (b) = 0.50m

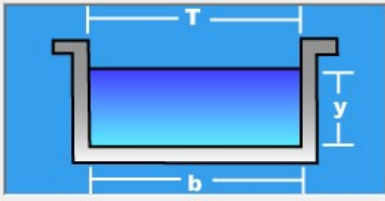
Talud (z) = 0, porque es de sección rectangular

Coefficiente de rugosidad (n) = 0.045, debido a que pertenece al literal D de la *Tabla 1*. (ver anexo a), al ser un curso natural de nivel lleno con presencia de pastos y piedras. [24]

Pendiente (S), según la topografía es un valor de 0.0057

Figura 28: Canal de entrada

Datos:	
Tirante (y):	<input type="text" value="0.30"/> m
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.50"/> m
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>
Coefficiente de rugosidad (n):	<input type="text" value="0.045"/>
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0057"/> m/m



Resultados:			
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.0667"/> m ³ /s	Velocidad (v):	<input type="text" value="0.4445"/> m/s
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.1500"/> m ²	Perímetro (p):	<input type="text" value="1.1000"/> m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.1364"/> m	Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.5000"/> m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.2591"/>	Energía específica (E):	<input type="text" value="0.3101"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>		

Fuente: propia

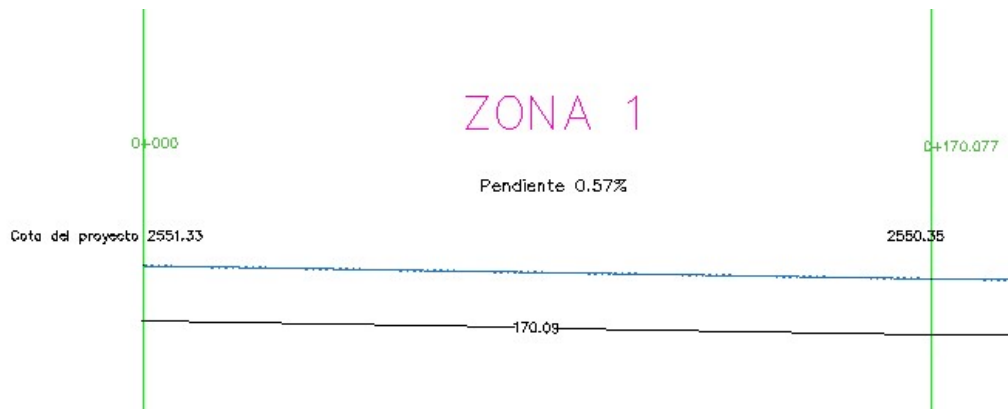
Al hacer uso del software H – Canales, introduciendo los datos que se solicita, se obtiene un resultado de caudal que varía considerablemente con el obtenido por el método del flotador este de debe a que el dato de la pendiente es principal factor para la variación y por consiguiente cambiarán todas las propiedades hidráulicas, sin embargo, al ser un método de campo, para el diseño se utilizará el caudal de $0.552 \text{ m}^3/\text{s}$, la comparación solo fue didáctica.

3.3.4. Delimitación de zonas para el diseño

Con la topografía del proyecto, se tiene que el recorrido empieza en la abscisa 0+000 y continúa a la zona de descarga que pertenece a la abscisa 0+511.56, para lo que se detalla las cotas y longitudes entre los puntos obteniendo las pendientes, cabe mencionar que es necesario mantener las pendientes del perfil longitudinal debido a que, en la topografía se levantaron los puntos del eje del canal existe, a excepción de la zona que corresponde a los últimos 70 metros, porque no existe actualmente ningún canal de descarga, solo se logró observar socavaciones que se han producido por los remanentes. [8]

a. ZONA 1

Figura 29: delimitación de pendientes



Fuente: propia

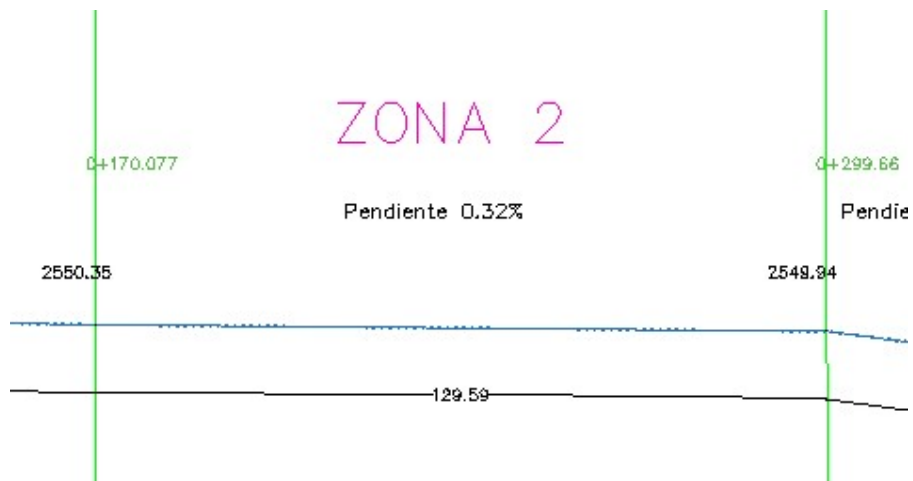
Tabla 9: Determinación de pendiente

Absc. Inicial	Absc. Final	Cota inicial	Cota final	Longitud(m)	Pendiente
0+000.00	0+170.08	2551.33	2550.35	170.09	0.00576

Fuente: propia

b. ZONA 2

Figura 30: delimitación de pendientes



Fuente: propia

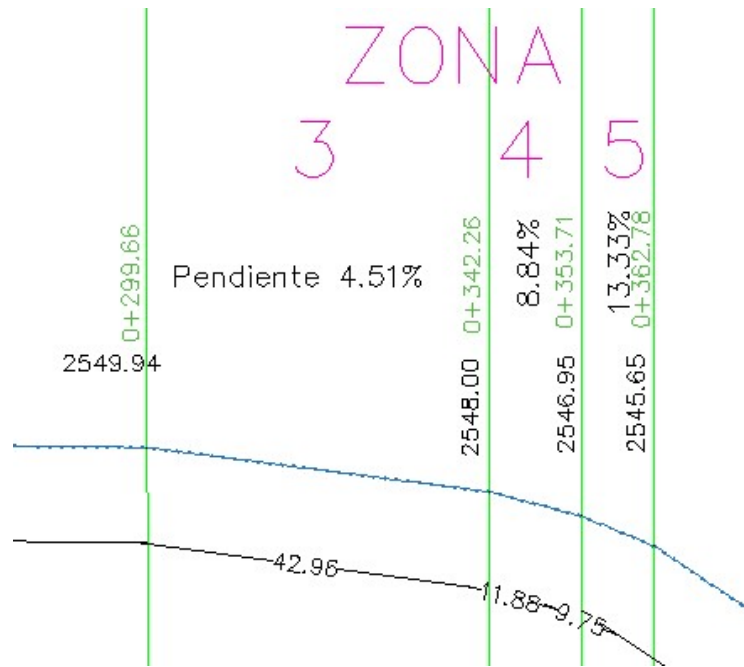
Tabla 10: Determinación de pendiente

Absc. Inicial	Absc. Final	Cota inicial	Cota final	Longitud(m)	Pendiente
0+170.08	0+299.66	2550.35	2549.94	129.59	0.00316

Fuente: propia

c. ZONA 3, 4, 5

Figura 31: delimitación de pendientes



Fuente: propia

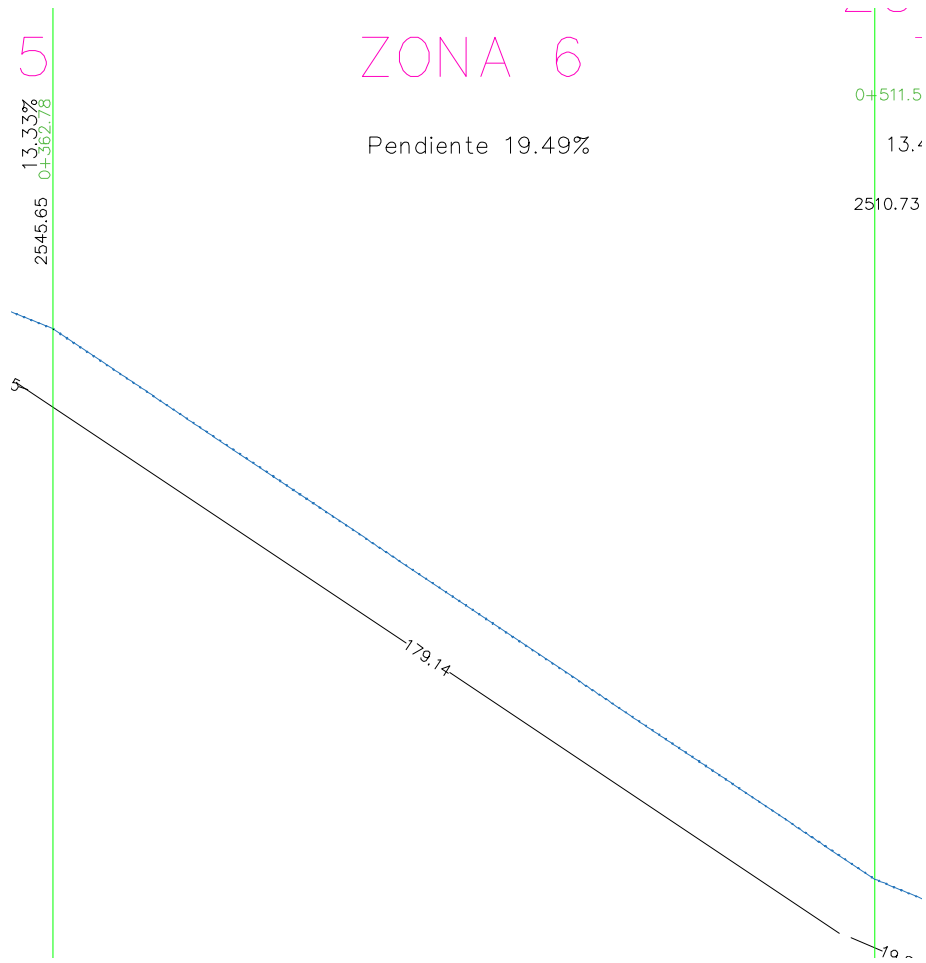
Tabla 11: Determinación de pendiente

	Absc. Inicial	Absc. Final	Cota inicial	Cota final	Longitud	Pendiente
ZONA 3	0+299.66	0+342.26	2549.94	2548	42.96	0.04516
ZONA 4	0+342.26	0+353.71	2548	2546.95	11.88	0.08838
ZONA 5	0+353.71	0+362.78	2546.95	2545.65	9.75	0.13333

Fuente: propia

d. ZONA 6

Figura 32: delimitación de pendientes



Fuente: propia

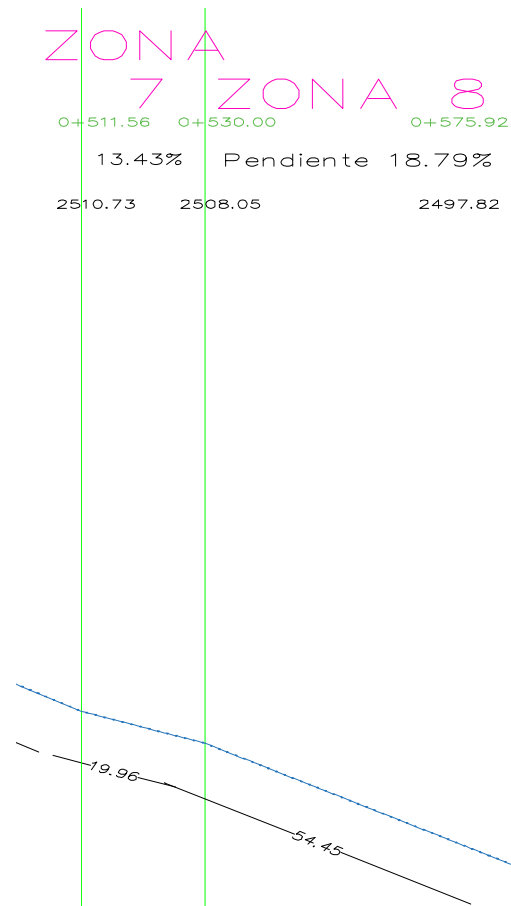
Tabla 12: Determinación de pendiente

Absc. Inicial	Absc. Final	Cota inicial	Cota final	Longitud	Pendiente
0+362.78	0+511.56	2545.65	2510.73	179.14	0.19493

Fuente: propia

e. ZONA 7, 8

Figura 33: delimitación de pendientes



Fuente: propia

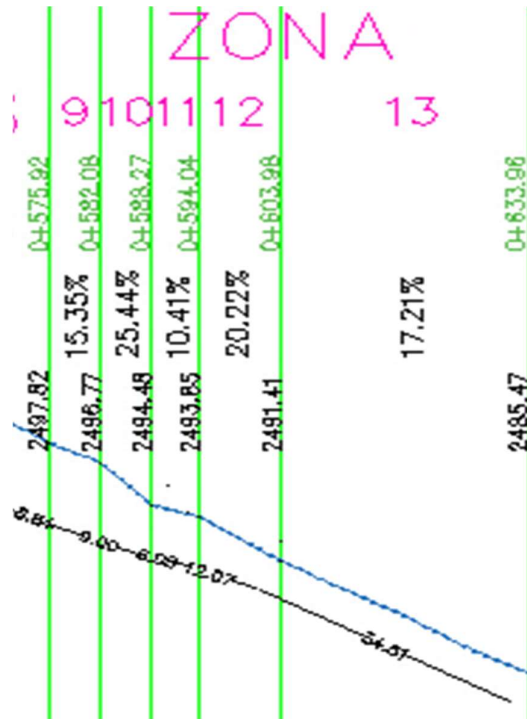
Tabla 13: Determinación de pendiente

	Absc. Inicial	Absc. Final	Cota inicial	Cota final	Longitud	Pendiente
ZONA 7	0+511.56	0+530.00	2510.73	2508.05	19.96	0.13427
ZONA 8	0+530.00	0+575.92	2508.05	2497.82	54.45	0.18788

Fuente: propia

f. ZONA 9, 10, 11, 12, 13

Figura 34: delimitación de pendientes



Fuente: propia

Tabla 14: Determinación de pendiente

	Absc. Inicial	Absc. Final	Cota inicial	Cota final	Longitud	Pendiente
ZONA 9	0+575.92	0+582.08	2497.82	2496.77	6.84	0.15351
ZONA 10	0+582.08	0+588.22	2496.77	2494.48	9.00	0.25444
ZONA 11	0+588.22	0+594.04	2494.48	2493.85	6.05	0.10413
ZONA 12	0+594.04	0+603.98	2493.85	2491.41	12.07	0.20215
ZONA 13	0+603.98	0+633.96	2491.41	2485.47	34.51	0.17212

Fuente: propia

Al analizar las pendientes, se determina que desde la zona 6 se requiere un cambio para el diseño, pues hasta la Abs. 0+511.56 existen entradas, tipo compuertas, para que los usuarios hagan uso del agua de regadío, sin embargo, a partir de ésta abscisa empieza la zona de descarga haciendo una transición en la zona que ahora determinaremos como 7, mientras que en la zona 8 se diferencia por la pendiente de 19.00% por, lo que el diseño será diferente.

Figura 35: delimitación de pendientes



Fuente: propia

3.2. Diseño de canal

Delimitadas las pendientes en las revisiones anteriores se procede a realizar el diseño de la sección de canal desde la zona 1 hasta la zona 5. Además, se conoce el valor del

caudal calculado anteriormente por el método del flotador se ingresa los datos en el programa obteniendo los siguientes resultados:

g. ZONA 1

DATOS:

Tramo ABSC. 0+000.00 – ABSC. 0+170.08

Pendiente: 0.00576

Caudal (Q) = 0.552 m³/s

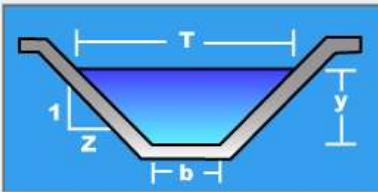
Sección: Trapezoidal

Coefficiente de rugosidad (n) = 0.012, material de concreto terminado (*ver anexo c*)

Figura 36: Cálculos de la zona 1 en el software H Canales

Lugar:	<input type="text" value="IZAMBA"/>	Proyecto:	<input type="text" value="DISEÑO HIDRÁULICO"/>
Tramo:	<input type="text" value="0+000 - 0+170.08"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="HORMIGÓN"/>

Datos:	
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.552"/> m ³ /s
Áncho de solera (b):	<input type="text" value="0.5"/> m
Talud (Z):	<input type="text" value="1"/>
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.012"/>
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.00576"/> m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.3230"/> m	Perímetro (p):	<input type="text" value="1.4137"/> m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.2659"/> m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.1881"/> m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="1.1461"/> m	Velocidad (v):	<input type="text" value="2.0761"/> m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.3762"/>	Energía específica (E):	<input type="text" value="0.5427"/> m·Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>		

Fuente: propia

h. ZONA 2

DATOS:

Tramo ABSC. 0+170.08 – ABSC. 0+299.66

Pendiente: 0.00316

Caudal (Q) = $0.552 \text{ m}^3/\text{s}$

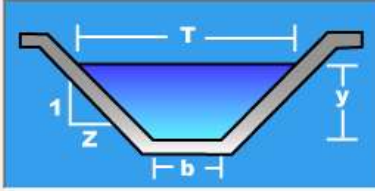
Sección: Trapezoidal

Coefficiente de rugosidad (n) = 0.012, material de concreto terminado (*ver anexo c*)

Figura 37: Cálculos de la zona 2 en el software H Canales

Lugar:	IZAMBA	Proyecto:	DISEÑO HIDRÁULICO
Tramo:	0+170.08 - 0+299.66	Revestimiento:	HORMIGÓN

Datos:	
Caudal (Q):	0.552 m ³ /s
Ancho de solera (b):	0.5 m
Talud (Z):	1
Rugosidad (n):	0.012
Pendiente (S):	0.00316 m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	0.3780 m	Perímetro (p):	1.5692 m
Área hidráulica (A):	0.3319 m ²	Radio hidráulico (R):	0.2115 m
Espejo de agua (T):	1.2561 m	Velocidad (v):	1.6630 m/s
Número de Froude (F):	1.0329	Energía específica (E):	0.5190 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		

Fuente: propia

i. ZONA 3

DATOS:

Tramo ABSC. 0+299.66 – ABSC. 0+342.26

Pendiente: 0.045

Caudal (Q) = $0.552 \text{ m}^3/\text{s}$

Sección: Trapezoidal

Coefficiente de rugosidad (n) = 0.012, material de concreto terminado (*ver anexo c*)

Figura 38: Cálculos de la zona 3 en el software H Canales

Lugar:	<input type="text" value="IZAMBA"/>	Proyecto:	<input type="text" value="DISEÑO HIDRÁULICO"/>
Tramo:	<input type="text" value="0+299.66 - 0+342.26"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="HORMIGÓN"/>

Datos:			
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.552"/>	m ³ /s	
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.5"/>	m	
Talud (Z):	<input type="text" value="1"/>		
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.012"/>		
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.045"/>	m/m	

Resultados:					
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.1841"/>	m	Perímetro (p):	<input type="text" value="1.0208"/>	m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.1260"/>	m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.1234"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.8683"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="4.3818"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="3.6728"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="1.1627"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>				

Fuente: propia

j. ZONA 4

DATOS:

Tramo ABSC. 0+342.26 – ABSC. 0+353.71

Pendiente: 0.088

Caudal (Q) = 0.552 m³/s

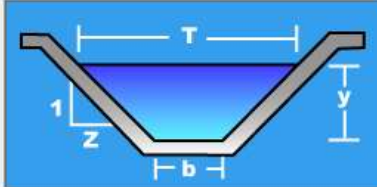
Sección: Trapezoidal

Coefficiente de rugosidad (n) = 0.012, material de concreto terminado (*ver anexo c*)

Figura 39: Cálculos de la zona 4 en el software H Canales

Lugar:	IZAMBA	Proyecto:	DISEÑO HIDRÁULICO
Tramo:	0+342.26 - 0+353.71	Revestimiento:	HORMIGÓN

Datos:	
Caudal (Q):	0.552 m ³ /s
Ancho de solera (b):	0.5 m
Talud (Z):	1
Rugosidad (n):	0.012
Pendiente (S):	0.088 m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	0.1522 m	Perímetro (p):	0.9305 m
Área hidráulica (A):	0.0993 m ²	Radio hidráulico (R):	0.1067 m
Espejo de agua (T):	0.8044 m	Velocidad (v):	5.5606 m/s
Número de Froude (F):	5.0538	Energía específica (E):	1.7282 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		

Fuente: propia

k. ZONA 5

DATOS:

Tramo ABSC. 0+353.71 – ABSC. 0+362.78

Pendiente: 0.133

Caudal (Q) = 0.552 m³/s

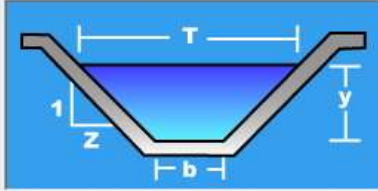
Sección: Trapezoidal

Coefficiente de rugosidad (n) = 0.012, material de concreto terminado (*ver anexo c*)

Figura 40: Cálculos de la zona 5 en el software H Canales

Lugar:	IZAMBA	Proyecto:	DISEÑO HIDRÁULICO
Tramo:	0+353.71 - 0+362.78	Revestimiento:	HORMIGÓN

Datos:	
Caudal (Q):	0.552 m ³ /s
Ancho de solera (b):	0.5 m
Talud (Z):	1
Rugosidad (n):	0.012
Pendiente (S):	0.133 m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	0.1352 m	Perímetro (p):	0.8823 m
Área hidráulica (A):	0.0859 m ²	Radio hidráulico (R):	0.0973 m
Espejo de agua (T):	0.7703 m	Velocidad (v):	6.4294 m/s
Número de Froude (F):	6.1489	Energía específica (E):	2.2421 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		

Fuente: propia

I. ZONA 6

Zona de transición, debido a que el tipo de flujo es supercrítico y para empezar a diseñar las gradas se necesita que el flujo se encuentre en régimen sub-crítico, se diseña variando la pendiente, para encontrar el tirante normal.

Entonces,

Tramo ABSC. 0+362.78 – ABSC. 0+511.56

Pendiente: 0.195

Caudal (Q) = 0.552 m³/s

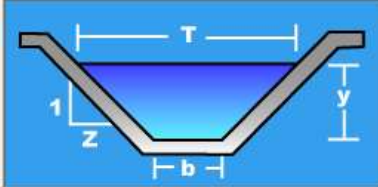
Sección: Trapezoidal

Coefficiente de rugosidad (n) = 0.012, material de concreto terminado (*ver anexo c*)

Figura 41: Cálculos de la zona 6 en el software H Canales

Lugar:	IZAMBA	Proyecto:	DISEÑO HIDRÁULICO
Tramo:	0+362.78 - 0+511.56	Revestimiento:	HORMIGÓN

Datos:			
Caudal (Q):	0.552	m ³ /s	
Ancho de solera (b):	0.5	m	
Talud (Z):	1		
Rugosidad (n):	0.012		
Pendiente (S):	0.195	m/m	



Resultados:					
Tirante normal (y):	0.1210	m	Perímetro (p):	0.8422	m
Área hidráulica (A):	0.0751	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0892	m
Espejo de agua (T):	0.7420	m	Velocidad (v):	7.3470	m/s
Número de Froude (F):	7.3715		Energía específica (E):	2.8722	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Fuente: propia

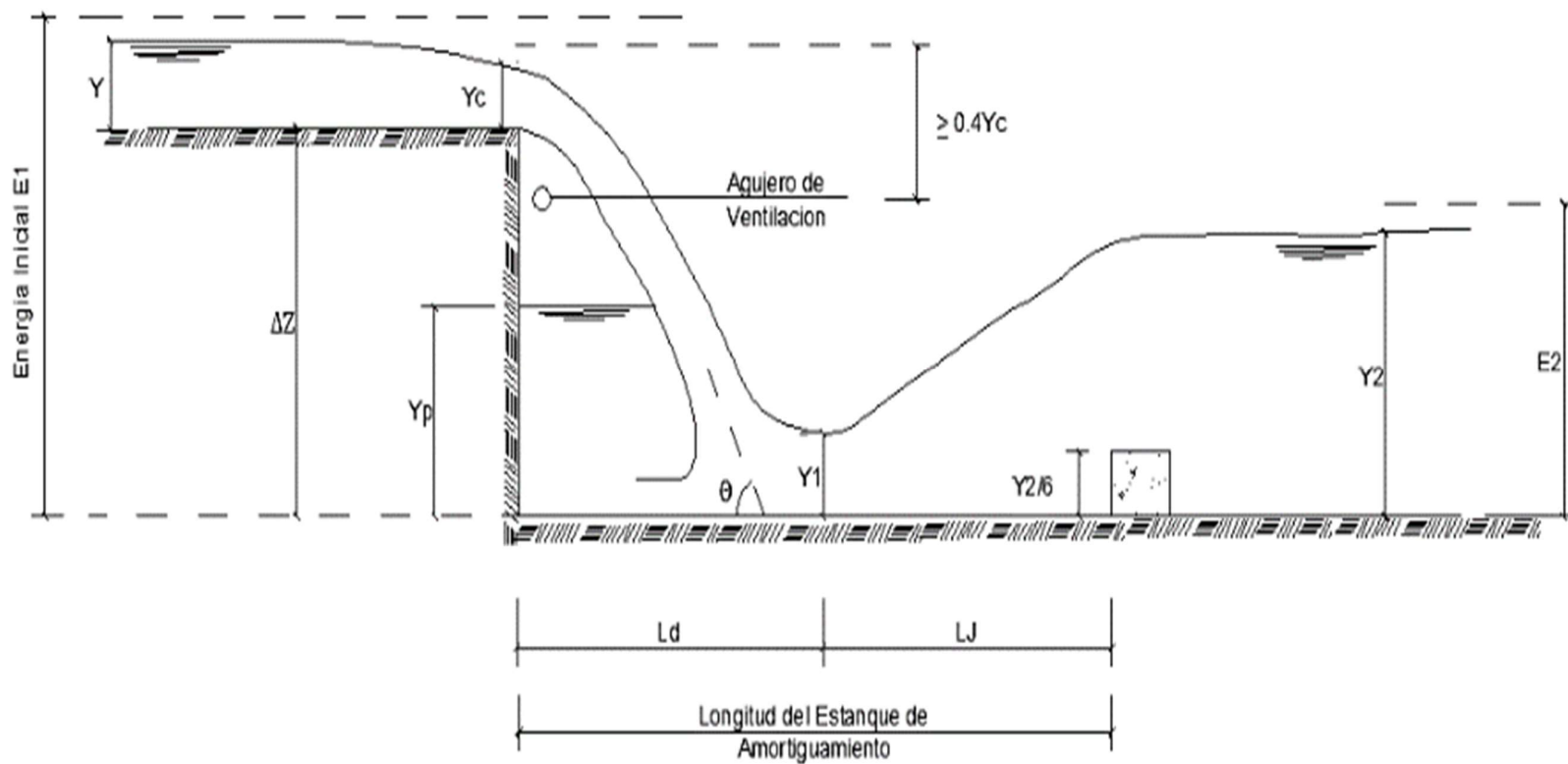
El tipo de flujo de ésta sección es supercrítico al dar un número de Froude de 7.37, los resultados de los tramos anteriores comparten mismo tipo de flujo, sin embargo, en la topografía se evidencia un cambio brusco de la pendiente en la zona 6, por lo que el diseño será diferente a partir de este punto, por tener una pendiente más accidentada.

Estos datos pertenecen a la sección de canal diseñado de entrada, en la teoría nos indica que para diseñar una rápida o caída hidráulica se debe tener: [24]

- Una sección de entrada que corresponda a un flujo sub crítico, esto evaluando el número de Froude.
- Una sección de salida que también corresponda a un flujo sub crítico, evaluado de la misma manera.
- Se requiere una sección trapezoidal a la entrada, para que haya una interacción con una sección rectangular de transición antes de generar la caída.

3.2.1. Esquematzación para el diseño de una caída o rápida hidráulica

Figura 42: Esquema de una caída vertical



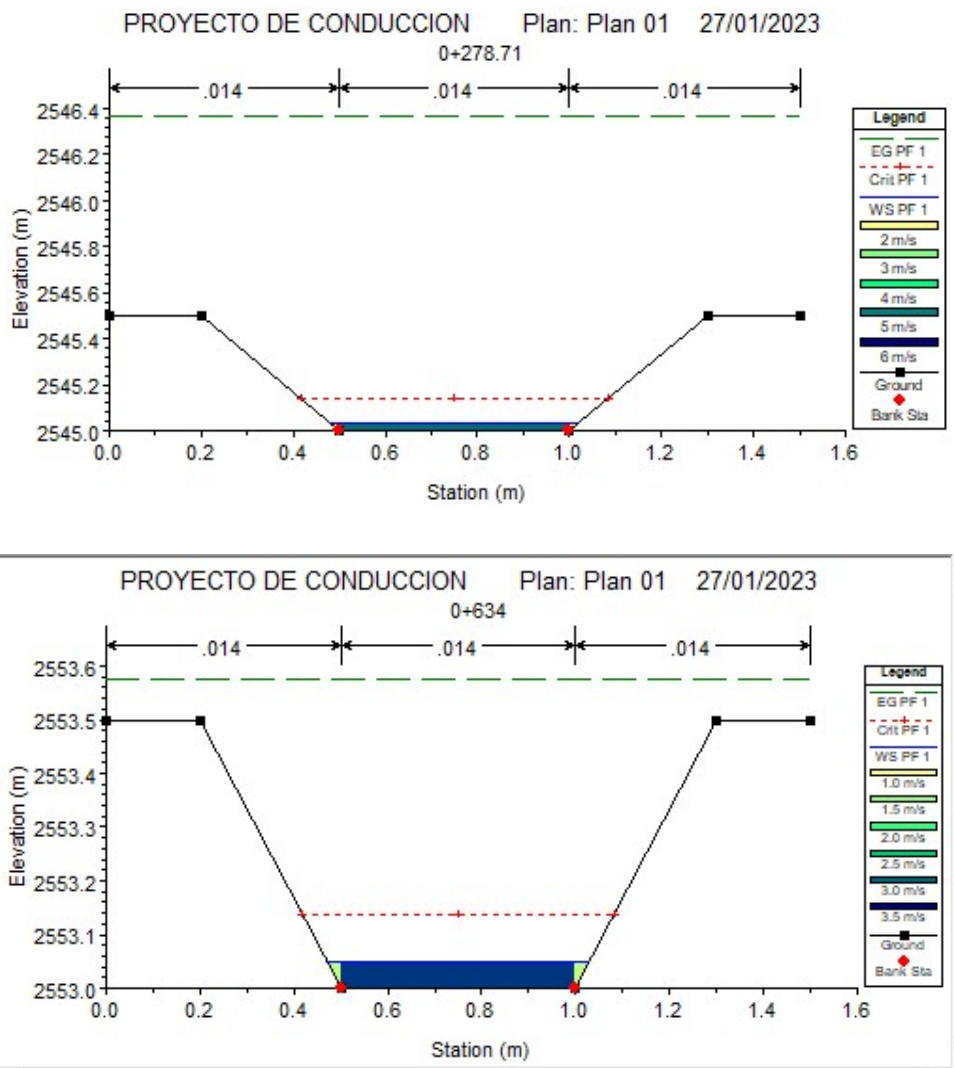
Fuente: [24]

3.2.2. Diseño de una rápida hidráulica

Los datos de entrada y de salida se mantendrán equivalentes para empezar el cálculo, a diferencia del desnivel de cotas, que para éste dato se tanteará con el fin de que el flujo sea sub crítico.

Analizando criterios para previamente diseñar una rápida, estos datos se han obtenido a partir de las fórmulas anteriormente vistas.

Figura 43: Datos obtenidos de Hec Ras suponiendo sección transversal en la zona crítica de pendiente pronunciada



Fuente: propia

3.2.2.1. Sección de control

Para diseñar una caída hidráulica se necesita mantener el flujo sub-crítico aguas arriba, para controlar el cambio de régimen del caudal, logrando alcanzar la velocidad y tirante crítico, teniendo equivalencia en la energía aguas arriba y en el punto de caída. [27]

3.2.3. Criterios de diseño de una caída inclinada

- a. La inclinación de la caída se recomienda entre 1.5:1 a 2:1, esto para la rampa a lo largo de la rápida. [24]
- b. Altura del canal de entrada:

$$H = y + \frac{v^2}{2g}$$

- c. Caudal unitario:

$$q = 1.71 * H^{3/2}$$

- d. Ancho de caída:

$$bc = \frac{Q}{q}$$

- e. Cálculo de Borde Libre:

El borde libre, de acuerdo al U.S Bureau of Reclamation recomienda usar la siguiente ecuación: [27]

$$\text{Borde libre} = \sqrt{C * y}$$

En donde,

C, es el coeficiente de que varía de:

$$C = 1.5 \text{ si } Q < 0.55 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$C = 2.5 \text{ si } Q < 85 \text{ m}^3/\text{s}$$

Por otro lado, Máximo Villón recomienda seguir la tabla: [28]

Tabla 15: Borde libre

Borde Libre según Máximo Villón	
Ancho de la plantilla (m)	Borde Libre (m)
Hasta 0.8	0.4
0.8-1.5	0.5
1.5-3.0	0.5
3.0-20.0	1.0

Fuente: propia

Como el ancho propuesto del diseño es de 0.50m se utiliza en primer factor de 0.4m de borde libre. Se elige el menor de ambos casos como dato de borde libre siendo este, 0.40 según Máximo Villón. [28]

Entonces, en la transición se toma los siguientes datos:

$$H_T = y + \text{Borde libre}$$

La altura de transición se tomará en valores aproximados

f. Para calcular el largo de la poza necesitamos encontrar:

$$T_h = b + 2z * H$$

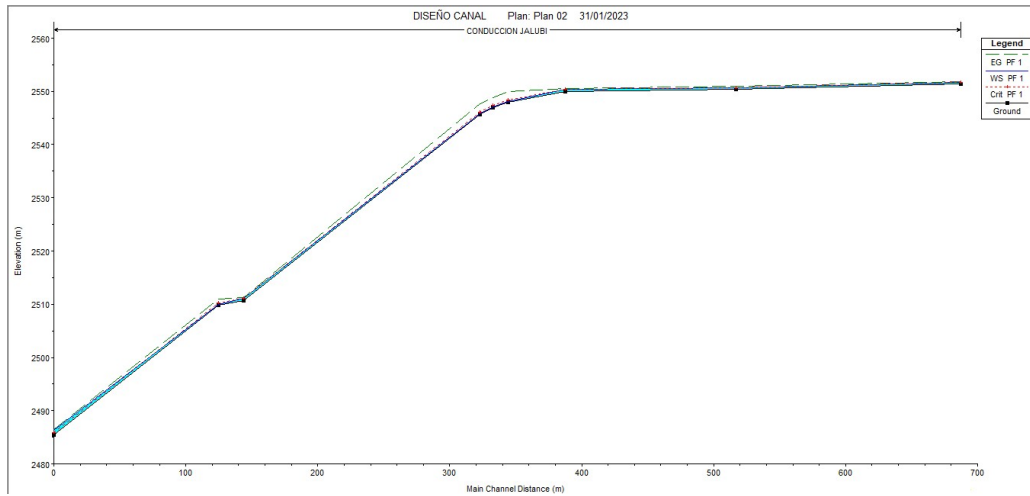
$$L = \frac{T_h - bc}{2 * \text{tag}(\theta^\circ)}$$

El diseño se data de la siguiente manera:

En las zonas 1 a la 6, el diseño es de un canal trapezoidal cuyas características y comportamiento están dados en las tablas correspondiente, en la transición de la zona 6 a la zona 7 se ha hecho el cambio de sección trapezoidal a rectangular con el

propósito de estabilizar el flujo, de supercrítico a sub crítico, encontrando el tirante de entrada para seguir al diseño de rápidas hidráulicas con gradas para abarca la pendiente accidentada en la zona de descarga agua abajo, gracias a las zonas delimitadas anteriormente.

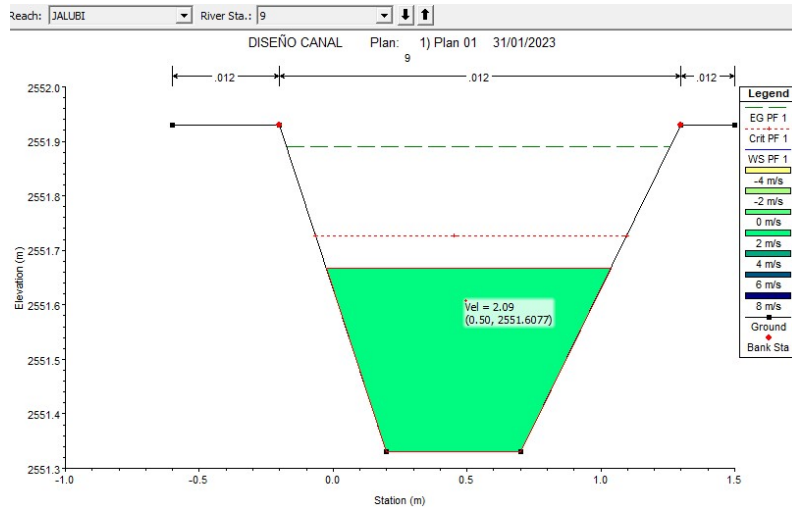
Figura 44: Perfil geométrico del proyecto



Fuente: propia

3.2.1 Resultados

Figura 45: Sección trapezoidal desde la zona 9 a la zona 8



Fuente: propia

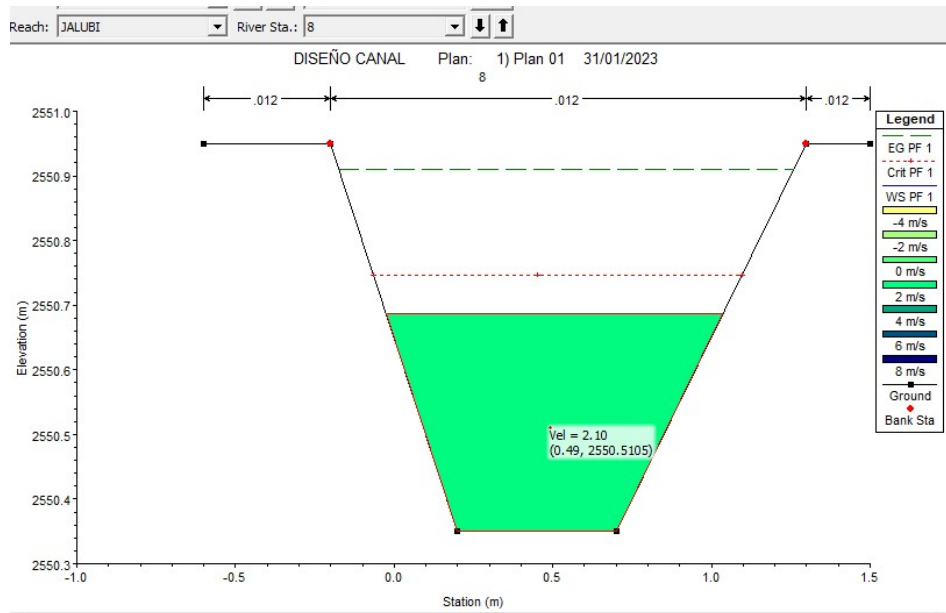
En el inicio del canal se tiene una sección trapezoidal con base de 0.50m, con una velocidad de 2.09m/s, que pertenece a un flujo supercrítico al evidenciar que el tirante crítico es mayor que el tirante normal, en donde se evidencia los siguientes datos hidráulicos:

Tabla 16: Características hidráulicas de la zona 9

Plan: Plan 02 CONDUCCION JALUBI RS: 9 Profile: PF 1					
Element	Left OB	Channel	Right OB		
E.G. Elev (m)	2551.89				
Vel Head (m)	0.22				
W.S. Elev (m)	2551.67				
Crit W.S. (m)	2551.73				
E.G. Slope (m/m)	0.005703				
Q Total (m3/s)	0.55				
Top Width (m)	1.06				
Vel Total (m/s)	2.09				
Max Chl Dpth (m)	0.34				
Conv. Total (m3/s)	7.3				
Length Wtd. (m)	170.09				
Min Ch El (m)	2551.33				
Alpha	1.00				
Frctn Loss (m)	0.98				
C & E Loss (m)	0.00				
Element					
Wt. n-Val.		0.012			
Reach Len. (m)		170.09	170.09	170.09	
Flow Area (m2)			0.26		
Area (m2)			0.26		
Flow (m3/s)			0.55		
Top Width (m)			1.06		
Avg. Vel. (m/s)			2.09		
Hydr. Depth (m)			0.25		
Conv. (m3/s)			7.3		
Wetted Per. (m)			1.38		
Shear (N/m2)			10.67		
Stream Power (N/m s)			22.24		
Cum Volume (1000 m3)		0.00	0.17	0.00	
Cum SA (1000 m2)		0.01	0.63	0.01	

Fuente: propia

Figura 46: Sección trapezoidal desde la zona 9 a la zona 8



Fuente: propia

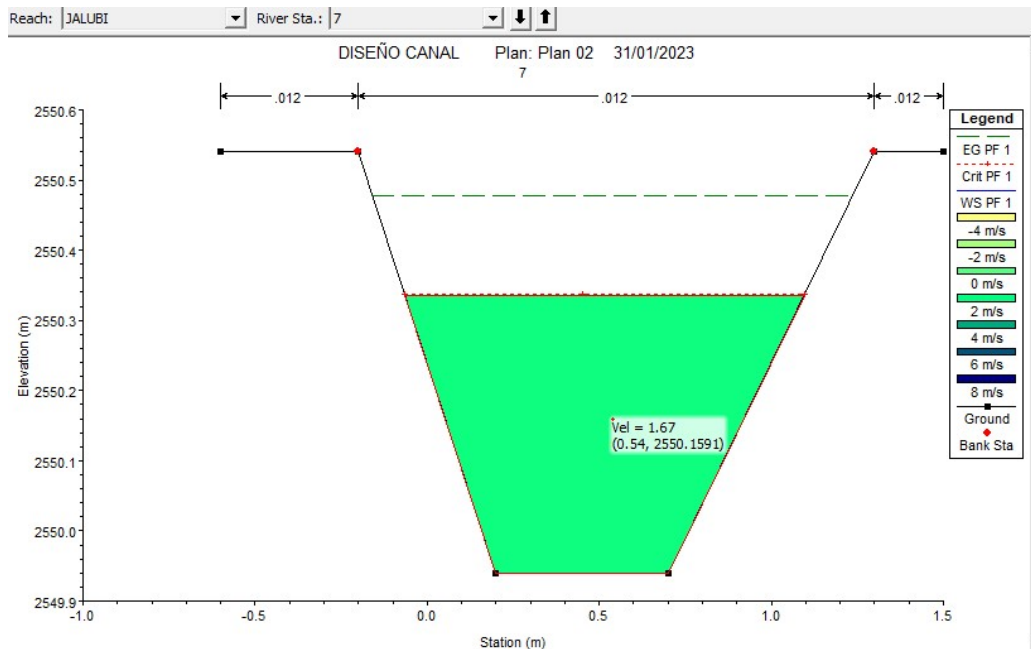
En la zona 8 hasta enlazarse con la zona 7 se mantiene una sección trapezoidal con base de 0.50m, con una velocidad de 2.22 m/s, debido a la pendiente la velocidad incrementa gradualmente por lo que se mantiene un flujo supercrítico, en este caso el tirante crítico es mayor que el tirante normal, se tiene los siguientes datos hidraulicos:

Tabla 17: Características hidráulicas de la zona 8 a la 7

Plan: Plan 02 CONDUCCION JALUBI RS: 8 Profile: PF 1					
Element	Left OB	Channel	Right OB		
E.G. Elev (m)	2550.91				
Vel Head (m)	0.22				
W.S. Elev (m)	2550.69	129.59	129.59		
Crit W.S. (m)	2550.75				
E.G. Slope (m/m)	0.005799				
Q Total (m3/s)	0.55				
Top Width (m)	1.06				
Vel Total (m/s)	2.10				
Max Chl Dpth (m)	0.34				
Conv. Total (m3/s)	7.2				
Length Wtd. (m)	129.59				
Min Ch El (m)	2550.35				
Alpha	1.00				
Frctn Loss (m)	0.41				
C & E Loss (m)	0.00				
Element					
Wt. n-Val.		0.012			
Reach Len. (m)		129.59	129.59		
Flow Area (m2)			0.26		
Area (m2)			0.26		
Flow (m3/s)			0.55		
Top Width (m)			1.06		
Avg. Vel. (m/s)			2.10		
Hydr. Depth (m)			0.25		
Conv. (m3/s)			7.2		
Wetted Per. (m)			1.38		
Shear (N/m2)			10.81		
Stream Power (N/m s)			22.68		
Cum Volume (1000 m3)		0.00	0.13	0.00	
Cum SA (1000 m2)		0.01	0.45	0.01	

Fuente: propia

Ilustración 47: Sección trapezoidal desde la zona 7 a la zona 6



Fuente: propia

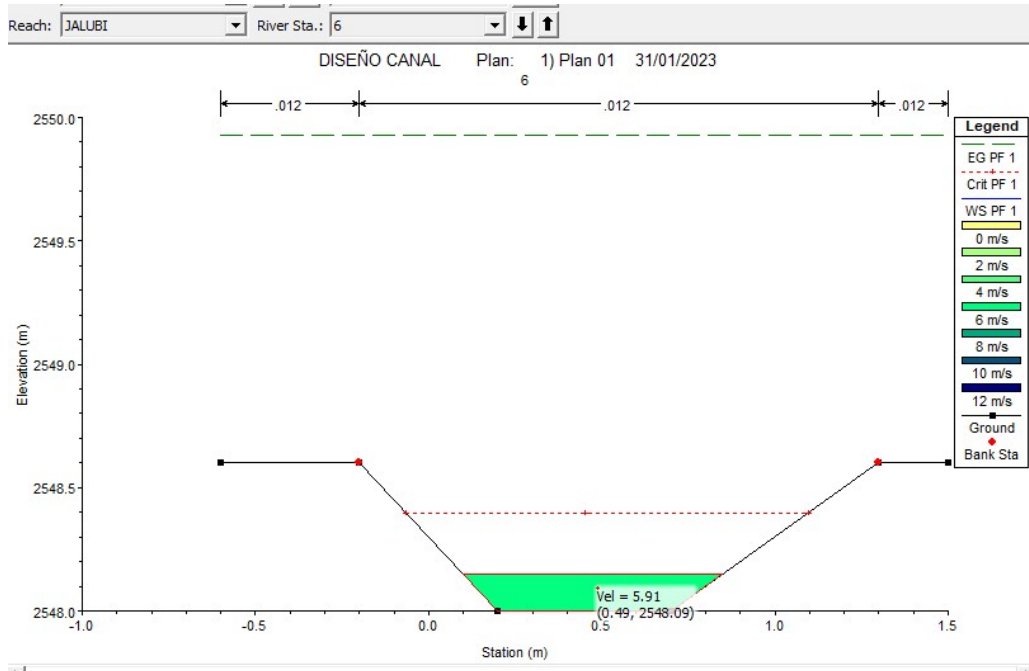
En la zona 7 hasta alcanzar la zona 6 se mantiene una sección trapezoidal con base de 0.50m, con una velocidad de 1.67 m/s, por lo que se puede decir que la velocidad se estabiliza gradualmente en ésta zona aparentemente pertenece a un flujo crítico, pues el tirante crítico es igual que el tirante normal, se tiene los siguientes datos hidraulicos:

Tabla 18: Características hidráulicas de la zona 7 a la 6

Plan: Plan 02 CONDUCCION JALUBI RS: 7 Profile: PF 1					
Element	Left OB	Channel	Right OB		
E.G. Elev (m)	2550.48				
Vel Head (m)	0.14		0.012		
W.S. Elev (m)	2550.34	42.96	42.96	42.96	
Crit W.S. (m)	2550.34				
E.G. Slope (m/m)	0.003144				
Q Total (m3/s)	0.55				
Top Width (m)	1.16				
Vel Total (m/s)	1.67				
Max Chl Dpth (m)	0.40				
Conv. Total (m3/s)	9.8				
Length Wtd. (m)	42.96				
Min Ch El (m)	2549.94				
Alpha	1.00				
Frctn Loss (m)	0.39				
C & E Loss (m)	0.16				
Flow Area (m2)			0.33		
Area (m2)			0.33		
Flow (m3/s)			0.55		
Top Width (m)			1.16		
Avg. Vel. (m/s)			1.67		
Hydr. Depth (m)			0.28		
Conv. (m3/s)			9.8		
Wetted Per. (m)			1.54		
Shear (N/m2)			6.60		
Stream Power (N/m s)			11.04		
Cum Volume (1000 m3)		0.00	0.09	0.00	
Cum SA (1000 m2)		0.01	0.31	0.01	

Fuente: propia

Figura 48: Sección trapezoidal desde la zona 6 a la zona 5



Fuente: propia

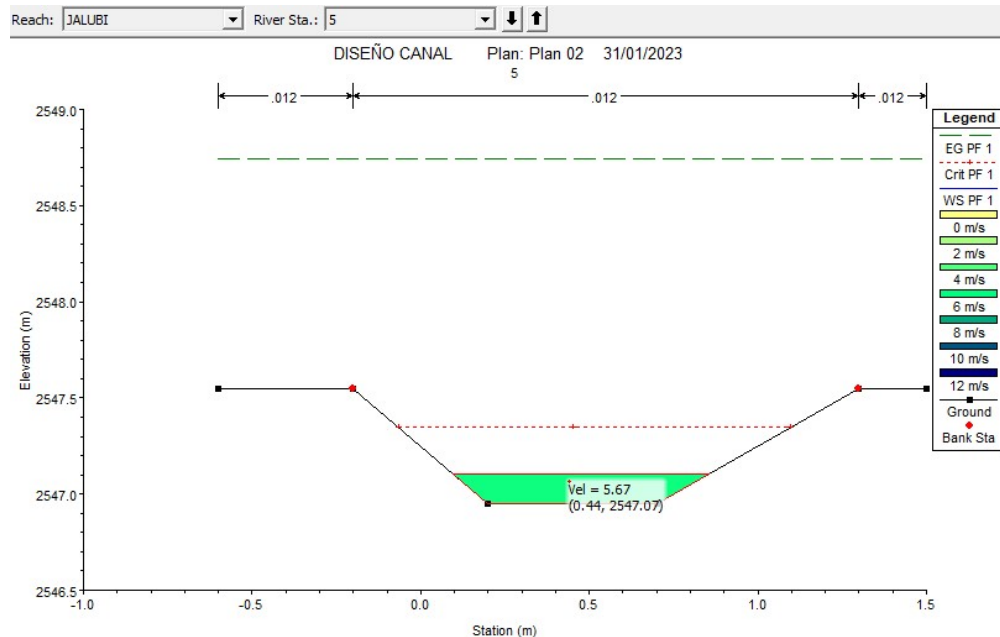
En la zona 6 se mantiene una seccion trapezoidal con base de 0.50m, con una velocidad de 5.91 m/s, por lo que se puede decir que la velocidad aumenta considerablemente respecto a la seccion anterior, ésta zona aparentemente pertenece a un flujo supercrítico, pues el tirante critico es mayor que el tirante normal, se tiene los siguientes datos hidraulicos:

Tabla 19: Características hidráulicas de la zona 6 a la 5

Plan: Plan 02 CONDUCCION JALUBI RS: 6 Profile: PF 1					
E.G. Elev (m)	2549.93	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.78	Wt. n-Val.		0.012	
W.S. Elev (m)	2548.15	Reach Len. (m)	11.88	11.88	11.88
Crit W.S. (m)	2548.40	Flow Area (m2)		0.09	
E.G. Slope (m/m)	0.101947	Area (m2)		0.09	
Q Total (m3/s)	0.55	Flow (m3/s)		0.55	
Top Width (m)	0.75	Top Width (m)		0.75	
Vel Total (m/s)	5.91	Avg. Vel. (m/s)		5.91	
Max Chl Dpth (m)	0.15	Hydr. Depth (m)		0.12	
Conv. Total (m3/s)	1.7	Conv. (m3/s)		1.7	
Length Wtd. (m)	11.88	Wetted Per. (m)		0.89	
Min Ch El (m)	2548.00	Shear (N/m2)		104.57	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		617.65	
Frctn Loss (m)	1.14	Cum Volume (1000 m3)	0.00	0.08	0.00
C & E Loss (m)	0.04	Cum SA (1000 m2)	0.01	0.26	0.01

Fuente: propia

Figura 49: Sección trapezoidal desde la zona 5 a la zona 4



Fuente: propia

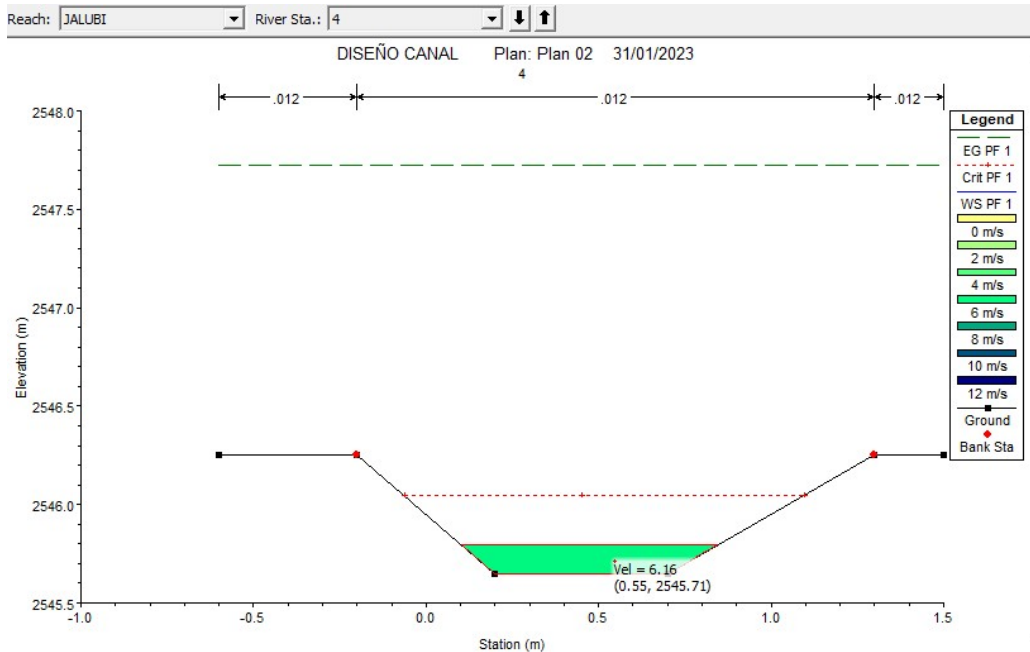
En la zona 5 se mantiene una seccion trapezoidal con base de 0.50m, con una velocidad de 5.67 m/s, ésta zona aparentemente pertenece a un flujo supercrítico, pues el tirante critico es mayor que el tirante normal, se tiene los siguientes datos hidraulicos:

Tabla 20: Características hidráulicas de la zona 5 a la 4

Plan: Plan 02 CONDUCCION JALUBI RS: 5 Profile: PF 1					
E.G. Elev (m)	2548.75	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.64	Wt. n-Val.		0.012	
W.S. Elev (m)	2547.10	Reach Len. (m)	9.75	9.75	9.75
Crit W.S. (m)	2547.35	Flow Area (m2)		0.10	
E.G. Slope (m/m)	0.090965	Area (m2)		0.10	
Q Total (m3/s)	0.55	Flow (m3/s)		0.55	
Top Width (m)	0.76	Top Width (m)		0.76	
Vel Total (m/s)	5.67	Avg. Vel. (m/s)		5.67	
Max Chl Dpth (m)	0.15	Hydr. Depth (m)		0.13	
Conv. Total (m3/s)	1.8	Conv. (m3/s)		1.8	
Length Wtd. (m)	9.75	Wetted Per. (m)		0.90	
Min Ch El (m)	2546.95	Shear (N/m2)		95.70	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		543.04	
Frctn Loss (m)	0.99	Cum Volume (1000 m3)	0.00	0.08	0.00
C & E Loss (m)	0.03	Cum SA (1000 m2)	0.01	0.26	0.01

Fuente: propia

Figura 50: Sección trapezoidal desde la zona 4



Fuente: propia

En la zona 4 se mantiene una seccion trapezoidal con base de 0.50m, con una velocidad de 6.16 m/s, debido a la pendiente la velocidad aumenta y el espejo de agua disminuye,

ésta zona aparentemente pertenece a un flujo supercrítico, pues el tirante crítico es mayor que el tirante normal, se tiene los siguientes datos hidraulicos:

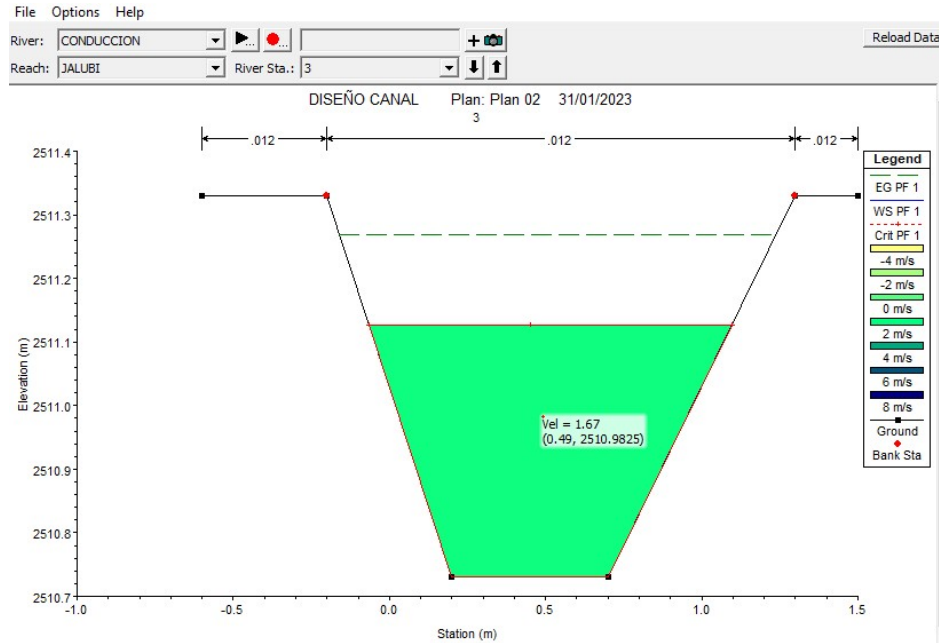
Tabla 21: Características hidráulicas de la zona 4

Plan: Plan 02 CONDUCCION JALUBI RS: 4 Profile: PF 1					
E.G. Elev (m)	2547.73	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.93	Wt. n-Val.		0.012	
W.S. Elev (m)	2545.79	Reach Len. (m)	179.14	179.14	179.14
Crit W.S. (m)	2546.05	Flow Area (m2)		0.09	
E.G. Slope (m/m)	0.114678	Area (m2)		0.09	
Q Total (m3/s)	0.55	Flow (m3/s)		0.55	
Top Width (m)	0.74	Top Width (m)		0.74	
Vel Total (m/s)	6.16	Avg. Vel. (m/s)		6.16	
Max Chl Dpth (m)	0.14	Hydr. Depth (m)		0.12	
Conv. Total (m3/s)	1.6	Conv. (m3/s)		1.6	
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)		0.88	
Min Ch El (m)	2545.65	Shear (N/m2)		114.57	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		705.27	
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)	0.00	0.08	0.00
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)	0.01	0.25	0.01

Fuente: propia

En la transición de la zona 3 a la zona 4 se diseñó un cambio de sección, con el propósito de estabilizar el flujo para la entrada de la zona de descarga, es por esto que se pasa de un canal trapezoidal a un rectangular manteniendo la sección de la base de 0.50 metros

Figura 51: Sección trapezoidal desde la zona 3



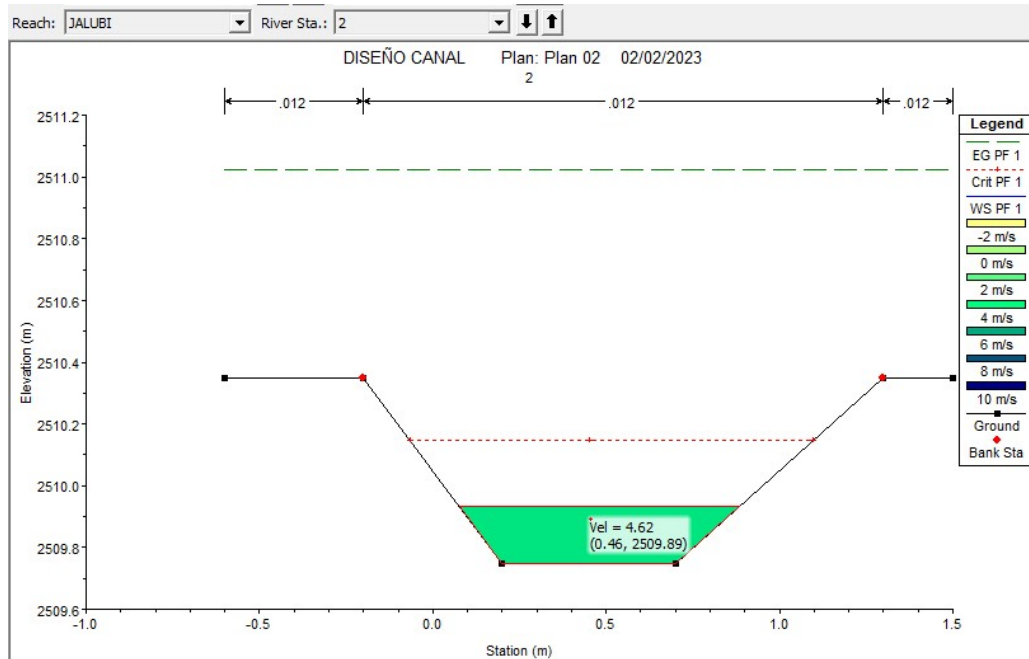
Fuente: propia

Tabla 22: Características hidráulicas de la zona 3

Reach: JALUBI		RS: 3		Plan: Plan 01		
Plan: Plan 01 CONDUCCION JALUBI RS: 3 Profile: PF 1						
E.G. Elev (m)	2510.58	Element	Left OB	Channel	Right OB	
Vel Head (m)	0.09	Wt. n-Val.	0.012	0.012	0.012	0.012
W.S. Elev (m)	2510.49	Reach Len. (m)	18.65	18.65	18.65	18.65
Crit W.S. (m)	2510.25	Flow Area (m2)	0.03	0.37	0.03	0.03
E.G. Slope (m/m)	0.002107	Area (m2)	0.03	0.37	0.03	0.03
Q Total (m3/s)	0.55	Flow (m3/s)	0.02	0.51	0.02	0.02
Top Width (m)	0.90	Top Width (m)	0.20	0.50	0.20	0.20
Vel Total (m/s)	1.30	Avg. Vel. (m/s)	0.72	1.38	0.72	0.72
Max Chl Dpth (m)	0.74	Hydr. Depth (m)	0.14	0.74	0.14	0.14
Conv. Total (m3/s)	12.0	Conv. (m3/s)	0.4	11.1	0.4	0.4
Length Wtd. (m)	18.65	Wetted Per. (m)	0.34	1.70	0.34	0.34
Min Ch El (m)	2509.75	Shear (N/m2)	1.69	4.49	1.69	1.69
Alpha	1.08	Stream Power (N/m s)	1.22	6.20	1.22	1.22
Frctn Loss (m)	0.07	Cum Volume (1000 m3)	0.00	0.05	0.00	0.00
C & E Loss (m)	0.02	Cum SA (1000 m2)	0.01	0.07	0.01	0.01

Fuente: propia

Figura 52: Sección trapezoidal desde la zona 2



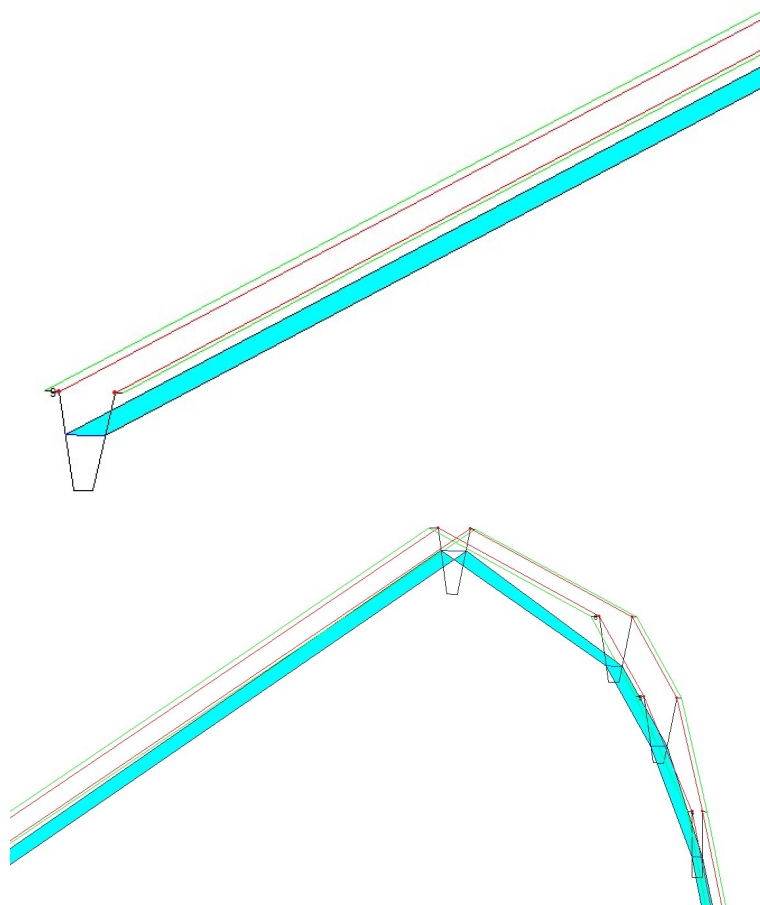
Fuente: propia

Tabla 23: Características hidráulicas de la zona 2

Reach: JALUBI		RS: 2		Plan: Plan 02	
Plan: Plan 02 CONDUCCION JALUBI RS: 2 Profile: PF 1					
E.G. Elev (m)	2511.02	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.09	Wt. n-Val.		0.012	
W.S. Elev (m)	2509.93	Reach Len. (m)	125.00	125.00	125.00
Crit W.S. (m)	2510.15	Flow Area (m2)		0.12	
E.G. Slope (m/m)	0.050982	Area (m2)		0.12	
Q Total (m3/s)	0.55	Flow (m3/s)		0.55	
Top Width (m)	0.80	Top Width (m)		0.80	
Vel Total (m/s)	4.62	Avg. Vel. (m/s)		4.62	
Max Chl Dpth (m)	0.18	Hydr. Depth (m)		0.15	
Conv. Total (m3/s)	2.4	Conv. (m3/s)		2.4	
Length Wtd. (m)	125.00	Wetted Per. (m)		0.98	
Min Ch El (m)	2509.75	Shear (N/m2)		60.87	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		281.32	
Frctn Loss (m)	0.20	Cum Volume (1000 m3)		0.04	
C & E Loss (m)	0.02	Cum SA (1000 m2)		0.14	

Fuente: propia

Figura 53: Vista 3D del flujo en la sección

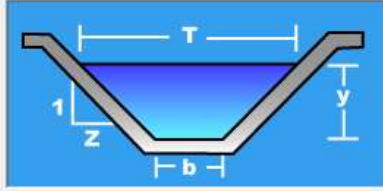


Fuente: propia

Zona de transición de sección de canal

Figura 54: Datos de entrada de la transición

Datos:	
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.552"/> m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.5"/> m
Talud (Z):	<input type="text" value="1"/>
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.012"/>
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.052"/> m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.1768"/> m	Perímetro (p):	<input type="text" value="1.0000"/> m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.1196"/> m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.1196"/> m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.8536"/> m	Velocidad (v):	<input type="text" value="4.6139"/> m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="3.9347"/>	Energía específica (E):	<input type="text" value="1.2618"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>		

Fuente: propia

Longitud de transición:

El espejo de agua de la sección rectangular es de 0.50m, mientras en la sección trapezoidal es de 0.85m, el ángulo que se utilizará es de 12.5°, siendo un dato que concuerdan los diseñadores hidráulicos en base de su experiencia para evitar el cambio brusco de sección.

$$L = \frac{T_2 - T_1}{2 * \tan 22.5^\circ}$$

$$L = \frac{0.85 - 0.50}{2 * \tan 12.5^\circ}$$

$$L \text{ transición} = 2.63m$$

En 2.65 metros de longitud se producirá la transición de sección trapezoidal a rectangular, manteniéndose las propiedades de altura de la sección.

Con la fórmula de Manning se calculó el tirante aguas abajo, manteniéndose un valor de 0.15m por lo que éste valor será tomado en cuenta para el diseño de la descarga a continuación, en donde al utilizar las fórmulas anteriores arroja como resultado la elaboración de 51 gradas cuyas medidas se detallan a continuación.

Al final de la grada 51, se requiere una poza de disipación que evite la erosión del fondo y que sea conducido a la descarga existente.

En la última grada el tirante conjugado menor es $Y1 = 0.224$

Luego

$$A1 = b \times Y1 = 0.11 \text{ m}^2$$

$$V1 = Q / A1 = 4.92 \text{ m/s}$$

El tirante conjugado mayor resulta

$$Y2 = -\frac{Y1}{2} + \sqrt{\frac{Y1^2}{4} + \frac{2Y1V1^2}{g}} = 0.95 \text{ m}$$

$$A2 = b \times Y2 = 0.47 \text{ m}^2$$

$$V2 = Q / A2 = 1.17 \text{ m/s}$$

Longitud del resalto (Lr)

$$Lr = 6 (Y2 - Y1) = 4.33 \text{ m}$$

Longitud de poza final $L = df + Lr = 6.38 \text{ m}$

Profundidad del colchón: $h = Y2 - Yn = 0.73 \text{ m}$

*Fuente: Manual de Diseño Hidráulico de Canales y Obras de Arte.
Universidad Nacional de Ingeniería - Lima*

El colchon amortiguador que requiere la secuencia de caidas verticales es de 6.40 metros de longitud con una profundidad de 0.75 metros, esto debido a que la longitud del resalto llega hasta las 4.33 metros, con lo que se puede decir que el diseño es óptimo, seguido de esto se conectará a la descarga.

3.3 Presupuesto

PRESUPUESTO

"DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CONDUCCIÓN Y DESCARGA DE LOS REMANENTES DEL ÓVALO FRUTILLAR DE LA JUNTA DE AGUAS CHACÓN SEVILLA, SECTOR IZAMBA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA TUNGURAHUA."

No.	Rubro	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
OBRA CIVIL VIAL					
1	Replanteo y Nivelación	km	0.69	905.17	627.69845
2	Derrocamiento de canales de hormigón existentes, incluye desalojo.	m3	247.31	31.08	7,685.21702
3	Excavación de suelo sin clasificar (mano o máquina), incluye rasanteo y desalojo	m3	707.33	2.58	1,823.10565
4	Relleno compactado en capas con material propio	m3	149.79	4.16	623.08097
5	Hormigón Simple f'c= 210 Kg/cm2, Incluye Transporte de material a mano o acémila incluye encofrado	m3	428.55	144.78	62,044.47905
6	Suministro e instalación de compuerta metálica manual según diseño	u	26.00	209.15	5,437.89064
7	Suministro e instalación de compuerta metálica manual con volante	u	1.00	154.25	154.24964
					78,395.72142
COSTO TOTAL=					S/. 78,395.72

NOTA: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

El presupuesto del proyecto se despliega por siete rubros, arrojando un valor de setenta y ocho mil trescientos noventa y cinco con setenta y dos centavos de dólar, el análisis de precios unitarios se detallan en los anexos.

CAPITULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- El análisis microbiológico del agua de regadío realizado, arroja valores que se mantienen en el rango aceptable según el Acuerdo Ministerial 097-A, en la tabla 3, por lo que se puede decir que el agua del Ovalo Frutillar es apta para el uso agrícola, y por ende es innecesario cualquier método de tratamiento y se puede realizar la descarga directa a la quebrada del proyecto Jalubí.
- Con el levantamiento topográfico y la inspección visual se logró determinar las pendientes críticas del proyecto, en donde se evidenció que en la zona de descarga la pendiente alcanzó el 19.00%, siendo notablemente una zona de flujo súper – crítico, evidenciada por la velocidad a la que se somete en esta parte del trayecto alcanzando los 6m/s, provocando eventualmente erosión en cualquier obra de tipo menor, por lo que se ha determinado la necesidad de diseñar una obra de arte hidráulica como es en este caso la rápida o caída vertical en gradas, que es utilizada para sectores de pendiente crítica.
- En el software Hec Ras se graficó las secciones trapezoidales del canal obtenido al calcular la geometría con el programa H Canales, lo que demostró el comportamiento de la velocidad con un mismo caudal, por lo que se determina que la pendiente y la velocidad son directamente proporcional, sin embargo, esto también afecta a una propiedad fundamental como es el resalto hidráulico, motivo por el cual se ha diseñado una poza disipadora para correlacionar los flujos.
- El presupuesto del proyecto “DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CONDUCCIÓN Y DESCARGA DE LOS REMANENTES DEL ÓVALO FRUTILLAR DE LA JUNTA DE AGUAS CHACÓN SEVILLA, SECTOR IZAMBA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA TUNGURAHUA”, es de \$78,395.72.

4.2.Recomendaciones

- El método de determinación del caudal, por el método del flotador, es experimental, por lo que se recomienda tomar lecturas progresivas de velocidad, en diferentes días, debido a que se ha observado que la cantidad de gasto varia.
- Para la toma de muestras de agua se recomienda tomar en el eje del canal y en donde aparentemente el flujo es tranquilo, ya que al tener una pendiente pronunciada se produce un golpe y se pueden perder las características del agua al ingreso.
- Proteger a las muestras para llevarlas al laboratorio, ya que son 6 horas las que se puede exponer antes del análisis, se debe tener en cuenta la distancia del laboratorio.
- Buscar bibliografía acorde a las necesidades del proyecto, y familiarizarse con la terminología es necesario para evitar confusiones de contexto.
- Al momento de encontrar los datos de diseño, se recomienda graficar los resultados, en un plano explicativo y con secciones transversales acordes a cada zona.

5. REFERENCIAS

- [1] G. L. Durán, «Canales de riego: creación de un paisaje agrícola en el valle del Mayo, Sonora, 1863-1904,» *Redalyc*, vol. X, nº 26, pp. 53-73, 2014.
- [2] L. I. M. Haro, «Repositorio UTA,» 12 julio 2012. [En línea]. Available: https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2357/1/Tesis_t711si.pdf. [Último acceso: 6 12 2022].
- [3] B. F. G. TOMANGUILLO, «es.slideshare,» 04 10 2013. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/brayanfernandoguzmantomanguillo/diseo-hidraulico-de-canales-exponer#:~:text=El%20dise%C3%B1o%20hidr%C3%A1ulico%20de%20canales,por%20el%20sistema%20de%20riego..> [Último acceso: 24 8 2022].
- [4] T. Arce, «www.academia.edu,» 2 2 2006. [En línea]. Available: https://www.academia.edu/36026237/UNIDAD_I_PRINCIPIOS_FUNDAMENTALES_DE_LA_HIDR%C3%81ULICA. [Último acceso: 2 9 2022].
- [5] X. A. C. CARRASCO, «<https://repositorio.uta.edu.ec/>,» 2 2 2019. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29539/1/Tesis%20I.%20C.%201305%20-%20Carrasco%20Carrasco%20Xavier%20Alejandro.pdf>. [Último acceso: 24 9 2022].
- [6] E. F.-. L. SÁNCHEZ, «<http://repositorio.ulvr.edu.ec/>,» 9 10 2018. [En línea]. Available: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/2564/1/T-ULVR-2361.pdf>. [Último acceso: 24 08 2022].
- [7] P. G. Armijos, «3ciencias,» 10 octubre 2018. [En línea]. Available: <https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2018/09/DISE%C3%91O-CANALES-ABIERTOS.pdf>. [Último acceso: 6 diciembre 2022].
- [8] D. A. P. Machay, «repositorio.uta.edu.ec,» 2 2 2019. [En línea]. Available: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/29308/1/Tesis%201305%20-%20Piedra%20Manchay%20Danny%20Alexander.pdf>. [Último acceso: 24 9 2022].

- [9] E. A. C. JIMENEZ, «<https://es.slideshare.net/>,» 30 9 2015. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/EdgarAbdielCedeoJime/hidraulicacanales-abiertos>. [Último acceso: 30 9 2022].
- [10] C. G. T. MASABANDA, «<https://repositorio.uta.edu.ec/>,» 3 9 2018. [En línea]. Available: <file:///C:/Users/USER/Downloads/Tesis%20I.%20C.%201286%20-%20Tipantasi%20Masabanda%20Carlos%20Gonzalo.pdf>. [Último acceso: 10 10 2022].
- [11] R. L. MOTT, MECANICA DE FLUIDOS, MEXICO: PEARSON EDUCACION, 2006.
- [12] I. Civil, «<https://www.ingenierocivilinfo.com/>,» <https://www.ingenierocivilinfo.com/>, 2 2 2022. [En línea]. Available: <https://www.ingenierocivilinfo.com/2010/02/distribucion-de-velocidades-en-una.html>. [Último acceso: 4 9 2022].
- [13] E. herbs, «Ingenieria Civil,» 12 enero 2021. [En línea]. Available: <https://www.ingenierocivilinfo.com/>. [Último acceso: 6 diciembre 2022].
- [14] C. d. I. Civil, «Distribución de velocidades en una sección de canal,» 22 septiembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.cuevadelcivil.com/2011/02/distribucion-de-velocidades-en-una.html>. [Último acceso: 6 diciembre 2022].
- [15] J. M.-A. ORTIZ, «www.ingcivilfree.org,» 22 9 2020. [En línea]. Available: <https://www.ingcivilfree.org/2016/01/manual-de-apuntes-de-la-experiencia.html>. [Último acceso: 27 9 2022].
- [16] G. E. GUTIÉRREZ, «Laboratorio_de_Hidráulica_de_Canales,» 2 2 2020. [En línea]. Available: https://www.academia.edu/es/24780243/Laboratorio_de_Hidr%C3%A1ulica_de_Canales. [Último acceso: 28 9 2022].
- [17] Docsity, «velocidad en la seccion de un canal, Apuntes de Hidráulica,» 3 febrero 2021. [En línea]. Available: <https://www.docsity.com/es/velocidad-en-la-seccion-de-un-canal/7359648/>. [Último acceso: 6 diciembre 2022].

- [18] J. H. C. R., HIDRAULICA DE CANALES, MEDILLIN : UNIVERSIDAD EAFIT, 2006.
- [19] N. H. G. VILLANUEVA, «www.imta.gob.mx,» 2 9 20016. [En línea]. Available: https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/riego-irenaje/operacion-canales.pdf. [Último acceso: 27 9 2022].
- [20] P. R. Ruiz, «Academia,» 13 agosto 2008. [En línea]. Available: https://www.academia.edu/25000821/Hidr%C3%A1ulica_de_Canales_Pedro_Rodr%C3%ADguez_Ruiz. [Último acceso: 6 diciembre 2022].
- [21] J. A. V. OJEDA, «www.oocities.org,» 2 12 2018. [En línea]. Available: <https://www.oocities.org/hidropiura/ModelNum.pdf>. [Último acceso: 28 9 2022].
- [22] P. S. Y. J. BLACKBURN, «www.researchgate.net/publication,» 3 9 2018. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/237680882_River2D_Two-Dimensional_Depth_Averaged_Model_of_River_Hydrodynamics_and_Fish_Habitat_Introduction_to_Depth_Averaged_Modeling_and_User's_Manual/links/58ff5d7e0f7e9bcf65452df2/download. [Último acceso: 29 9 2022].
- [23] L. L. L. LIZBETH, «<https://repositorio.uta.edu.ec/>,» 9 12 2017. [En línea]. Available: <file:///C:/Users/USER/Downloads/Tesis%201213%20-%20L%C3%B3pez%20-%20Liliana%20Lizabeth.pdf>. [Último acceso: 30 9 2022].
- [24] V. T. CHOW, HIDRÁULICA DE CANALES ABIERTOS, COLOMBIA: MARTHA EDNA SUAREZ R, 2017.
- [25] A. R. FELICES, «HIDRAULICA DE TUBERIAS DE CANALES,» 25 1 2007. [En línea]. Available: https://www.academia.edu/es/9746328/HIDR%C3%A1ULICA_DE_TUBERIAS_Y_CANALES. [Último acceso: 29 9 2022].
- [26] Ministerio del Ambiente, «Registro Oficial - Acuerdo 097-A,» Lexis, Quito, 2015.
- [27] Universidad de Lima, «Manual de diseño de obras hidráulicas,» Lima, 1997.
- [28] M. Villón, Hidráulica de canales, Lima: Tecnológico de Costa Rica, 2007.

- [29] Á. Sotelo, Hidráulica General, México: Limusa, 2013.
- [30] J. Saldarriaga, Hidráulica de tuberías, Colombia: Alfaomega Grupo Editor S.A., 2016.
- [31] J. Rendón, «cicp-ec.com,» Junio 2016. [En línea]. Available: https://cicp-ec.com/documentos/Conferencia_Jorge_Rend%C3%B3n_SIKA.pdf. [Último acceso: 2021].
- [32] R. S. Ramalho, Tratamiento de aguas residuales, México: REVERTÉ, 1996.
- [33] L. Pujades, Y. Vargas Alzate, A. Barbat y J. González-Drigo, «Parametric model for capacity curves,» *Bull Earthquake Eng*, vol. 1, n° 13, p. 1347–1376, 2015.
- [34] L. A. Pinzón, L. G. Pujades, I. Medranda y R. E. Alva, «Case Study of a Heavily Damaged Building during the 2016 MW,» *geosciences*, vol. 11, n° 74, pp. 1-21, 2021.
- [35] NEC - SE - RE, RIESGO SÍSMICO, EVALUACIÓN, REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS, Dirección de Comunicación Social, MIDUV, 2015.
- [36] E. Naudascher, Hidráulica de canales: Diseño de estructuras, México: Limusa, 2012.
- [37] E. Maldonado Rondón y G. Chio Cho, «Structural vulnerability index to the effects of landslides in,» *Revista Ingeniería de Construcción*, vol. 27, n° 1, pp. 23-39, 2012.
- [38] G. Lorenzana Durán, «Canales de riego: creación de un paisaje agrícola en el valle del Mayo, Sonora, 1863-1904,» *Historia Caribe*, vol. X, n° 26, pp. 53-73, 2014.
- [39] LIBRO VI DE LA CALIDAD AMBIENTAL, «ambiente.gob.ec,» 04 Mayo 2015. [En línea]. Available: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-61.pdf>. [Último acceso: 15 Octubre 2021].
- [40] LEY-ORGANICA-DE-RECURSOS-HIDRICOS_-USOS-Y-APROVECHAMIENTO-DEL-AGUA, «etapa.net.ec,» [En línea]. Available: etapa.net.ec/Portals/0/TRANSPARENCIA/Literal-a2/LEY-ORGANICA-DE-

RECURSOS-HIDRICOS_-USOS-Y-APROVECHAMIENTO-DEL-AGUA.
[Último acceso: 12 03 2022].

- [41] F. Kemmer, Manual del agua Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones, México: McGraw-Hill, 1993.
- [42] INEC, «III CENSO NACIONAL AGROPECUARIO,» 2000.
- [43] P. Gallardo Armijos, Diseño de canales abiertos, España: Área de innovación y desarrollo, S.L, 2018.
- [44] P. Gallardo, Diseño de canales abiertos, Quito: Área de innovación y desarrollo, 2014.
- [45] F. Corcho Romero y J. Duque Serna, ACUEDUCTOS Teoría y Diseño, Medellín: Centro General de Investigaciones, 1993.
- [46] I. G. A. CODAZZI, «igac,» [En línea]. Available: <https://www.igac.gov.co/es/contenido/en-que-consiste-un-levantamiento-topografico>. [Último acceso: 10 02 2022].
- [47] V. t. Chow, Hidráulica de canales abiertos, México: McGraw-Hill, 1982.
- [48] Y.-L. Z. W.-Y. X. Q.-Z. Z. & S. W. Chong Shiab, «Risk analysis of building damage,» *European Journal of Environmental and*, vol. 17, n° S1, s126–s143, pp. 126-143, 2013.
- [49] C. d. e. y. e. d. o. p. CEDEX, «ceh.cedex.es,» 2018. [En línea]. Available: <https://ceh.cedex.es/ingsis/HEC-RAS.htm>. [Último acceso: 20 Octubre 2021].
- [50] M. Casignia, «DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO DE UNA ESTRUCTURA DE UNIÓN DE DOS CANALES.,» 2014. [En línea]. Available: dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3015/1/T-UCE-0011-135. [Último acceso: 15 02 30].
- [51] C. A. Bermúdez, L. G. Pujades y A. Barbat, «Setting of the parameters to capacity spectra of steel buildings,» *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, vol. 36, n° 1, pp. 1-10, 2020.

6. ANEXOS

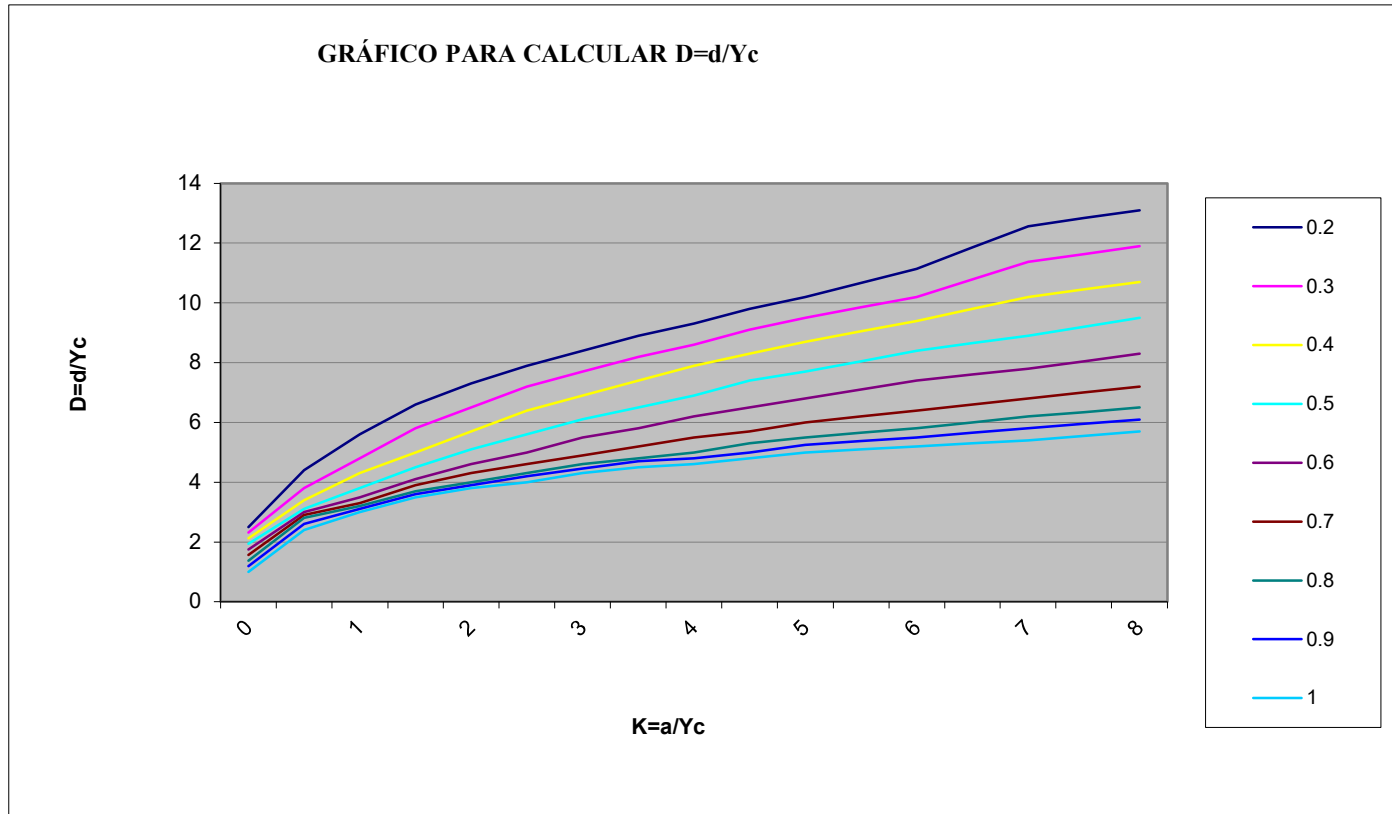
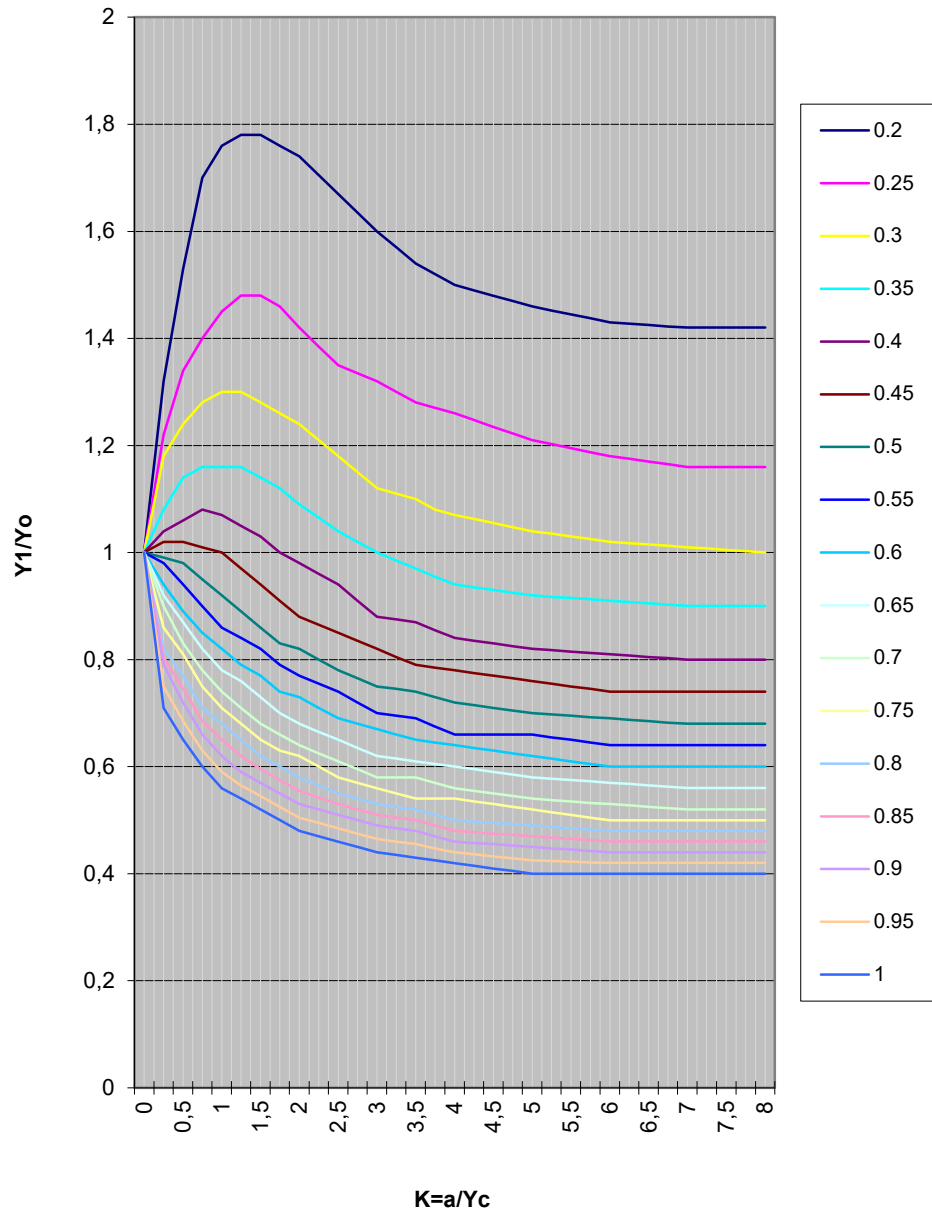


GRAFICO PARA LA DETERMINACION DE $Y1/Y0$



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 1 de 7

NOMBRE DEL PROYECTO: "DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CONDUCCIÓN Y DESCARGA DE LOS REMANENTES DEL ÓVALO FRUTILLAR DE LA JUNTA DE AGUAS CHACÓN SEVILLA, SECTOR IZAMBA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA TUNGURAHUA."

NOMBRE DEL OFERENTE :

UNIDAD: km

RUBRO: **Replanteo y Nivelación**

CODIGO DEL RUBRO: 1

DETALLE :

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDA	TARIFA	COSTO	RENDIMENT	COSTO
	D A	B	HORA C=A*B	O R	D=C*R
Herramienta Menor	1.00	0.17	0.17000	26.66667	4.53333
Equipo de topografía(Nivel, teodolito, estación total)	1.00	5.00	5.00000	26.66667	133.33335
SUBTOTAL M					137.86668

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDA	JORNAL/H	COSTO	RENDIMENT	COSTO
	D A	R B	HORA C=A*B	O R	D=C*R
Topógrafo (Estr.Oc.C1)	1.00	4.55	4.55000	26.66667	121.33335
Cerrajero D2	2.00	4.10	8.20000	26.66667	218.66669
Peón E2	2.00	4.05	8.10000	26.66667	216.00003
SUBTOTAL N					556.00007

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDA	P. UNITARIO	COSTO
		D A	B	C=A*B
ESTACAS	U	20.00	0.55	11.00000
TIRA DE EUCALIPTO 4X5cm	m	60.00	0.40	24.00000
PINTURA ESMALTE	Gln	1.00	9.70	9.70000
CLAVOS	Kg	1.50	2.25	3.37500
SUBTOTAL O				48.07500

TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDA	TARIFA	COSTO
			D A	B	C=A*B
SUBTOTAL P					0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	741.94175
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 22.0%	163.22719
OTROS INDIRECTOS: %	0.00000
COSTO TOTAL DEL RUBRO:	905.16894
VALOR OFERTADO:	905.16894

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA
AMBATO, 17 DE ENERO DE 2023

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 2 de 7

**NOMBRE DEL PROYECTO: "DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CONDUCCIÓN Y DESCARGA DE LOS
REMANENTES DEL ÓVALO FRUTILLAR DE LA JUNTA DE AGUAS CHACÓN SEVILLA, SECTOR IZAMBA,
CANTÓN AMBATO, PROVINCIA TUNGURAHUA."**

NOMBRE DEL OFERENTE :

UNIDAD: m3

RUBRO: **Derrocamiento de canales de hormigón
existentes, incluye desalojo.**

CODIGO DEL RUBRO: 2

DETALLE :

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta Menor	1.00	0.17	0.17000	0.04211	0.00716
Martillo rompedor eléctrico	1.00	8.00	8.00000	0.33684	2.69472
SUBTOTAL M					2.70188
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón E2	2.00	4.05	8.10000	1.80000	14.58000
Maestro Mayor C1	1.00	4.55	4.55000	1.80000	8.19000
SUBTOTAL N					22.77000
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL O					0.00000
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					25.47188
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 22.0%					5.60381
OTROS INDIRECTOS: %					0.00000
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					31.07569
VALOR OFERTADO:					31.07569

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA
AMBATO, 17 DE ENERO DE 2023

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 3 de 7

NOMBRE DEL PROYECTO: "DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CONDUCCIÓN Y DESCARGA DE LOS REMANENTES DEL ÓVALO FRUTILLAR DE LA JUNTA DE AGUAS CHACÓN SEVILLA, SECTOR IZAMBA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA TUNGURAHUA."

NOMBRE DEL OFERENTE

:

UNIDAD: m3

RUBRO: Excavación de suelo sin clasificar (mano o máquina), incluye rasanteo y desalojo

CODIGO DEL RUBRO: 3

DETALLE :

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta Menor	1.00	0.17	0.17000	0.01800	0.00306
Volqueta	2.00	30.00	60.00000	0.01800	1.08000
Cargadora	1.00	30.00	30.00000	0.01800	0.54000
SUBTOTAL M					1.62306

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
CHOFER: Volquetas (Estr. Oc. C1)	1.00	5.95	5.95000	0.01800	0.10710
Operado Cargadora frontal C1 (Grupo I)	1.00	4.55	4.55000	0.01800	0.08190
Peón E2	3.00	4.05	12.15000	0.01800	0.21870
Maestro Mayor C1	1.00	4.55	4.55000	0.01800	0.08190
SUBTOTAL N					0.48960

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=A*B
SUBTOTAL O				0.00000

TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
SUBTOTAL P					0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	2.11266
INDIRECTOS Y UTILIDADES:	22.0%
OTROS INDIRECTOS:	%
COSTO TOTAL DEL RUBRO:	2.57745
VALOR OFERTADO:	2.57745

ESTOS PRECIOS NO NCLUYEN IVA
AMBATO, 17 DE ENERO DE 2023

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 5 de
7

NOMBRE DEL PROYECTO: "DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CONDUCCIÓN Y DESCARGA DE LOS REMANENTES DEL ÓVALO FRUTILLAR DE LA JUNTA DE AGUAS CHACÓN SEVILLA, SECTOR IZAMBA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA TUNGURAHUA."

NOMBRE DEL OFERENTE

:

UNIDAD: m3

RUBRO: **Hormigón Simple f'c= 210 Kg/cm2,
Incluye Transporte de material a mano o
acémila incluye encofrado**

CODIGO DEL RUBRO: 5

DETALLE :

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta Menor	1.00	0.17	0.17000	0.03200	0.00544
Vibrador	1.00	3.00	3.00000	1.14400	3.43200
Concretera de 1 saco	1.00	5.00	5.00000	1.14400	5.72000
SUBTOTAL M					9.15744

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Maestro Mayor C1	1.00	4.55	4.55000	1.14400	5.20520
Albañil D2	1.00	4.10	4.10000	1.14400	4.69040
Peón E2	1.00	4.05	4.05000	1.14400	4.63320
SUBTOTAL N					14.52880

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=A*B
CEMENTO (INCLUYE TRANSPORTE)	KG	350.00	0.16	56.00000
ARENA PARA HORMIGONES (INCLUYE TRANSPORTE)	M3	0.58	12.00	6.92400
RIPIO PARA HORMIGONES (INCLUYE TRANSPORTE)	M3	0.90	14.00	12.60000
TIRA DE EUCALIPTO 4X5cm	m	40.00	0.40	16.00000
CLAVOS	Kg	1.50	2.25	3.37500
AGUA	M3	0.17	0.50	0.08500
SUBTOTAL O				94.98400

TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
SUBTOTAL P					0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	118.67024
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 22.0%	26.10745
OTROS INDIRECTOS: %	0.00000
COSTO TOTAL DEL RUBRO:	144.77769
VALOR OFERTADO:	144.77769

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 6 de 7

NOMBRE DEL PROYECTO: "DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CONDUCCIÓN Y DESCARGA DE LOS REMANENTES DEL ÓVALO FRUTILLAR DE LA JUNTA DE AGUAS CHACÓN SEVILLA, SECTOR IZAMBA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA TUNGURAHUA."

NOMBRE DEL OFERENTE :

UNIDAD: u

RUBRO: **Suministro e instalación de compuerta metálica manual según diseño**

CODIGO DEL RUBRO: 6

DETALLE :

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta Menor	1.00	0.17	0.17000	0.10667	0.01813
SUBTOTAL M					0.01813

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Maestro Mayor C1	1.00	4.55	4.55000	3.83000	17.42650
Albañil D2	1.00	4.10	4.10000	3.83000	15.70300
Peón E2	1.00	4.05	4.05000	3.83000	15.51150
SUBTOTAL N					48.64100

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=A*B
CEMENTO (INCLUYE TRANSPORTE) COMPUERTA MÉTALICA CON VOLANTE SEGÚN DISEÑO, INC. ÁNGULO	KG	18.50	0.15	2.77500
	UNIDAD	1.00	120.00	120.00000
SUBTOTAL O				122.77500

TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
SUBTOTAL P					0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	171.43413
INDIRECTOS Y UTILIDADES:	37.71551
OTROS INDIRECTOS:	0.00000
COSTO TOTAL DEL RUBRO:	209.14964
VALOR OFERTADO:	209.14964

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA
AMBATO, 17 DE ENERO DE 2023

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 7 de 7

**NOMBRE DEL PROYECTO: "DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CONDUCCIÓN Y DESCARGA DE LOS
REMANENTES DEL ÓVALO FRUTILLAR DE LA JUNTA DE AGUAS CHACÓN SEVILLA, SECTOR
IZAMBA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA TUNGURAHUA."**

NOMBRE DEL OFERENTE :

UNIDAD: u

RUBRO: **Suministro e instalación de compuerta
metálica manual con volante**

CODIGO DEL RUBRO: 7

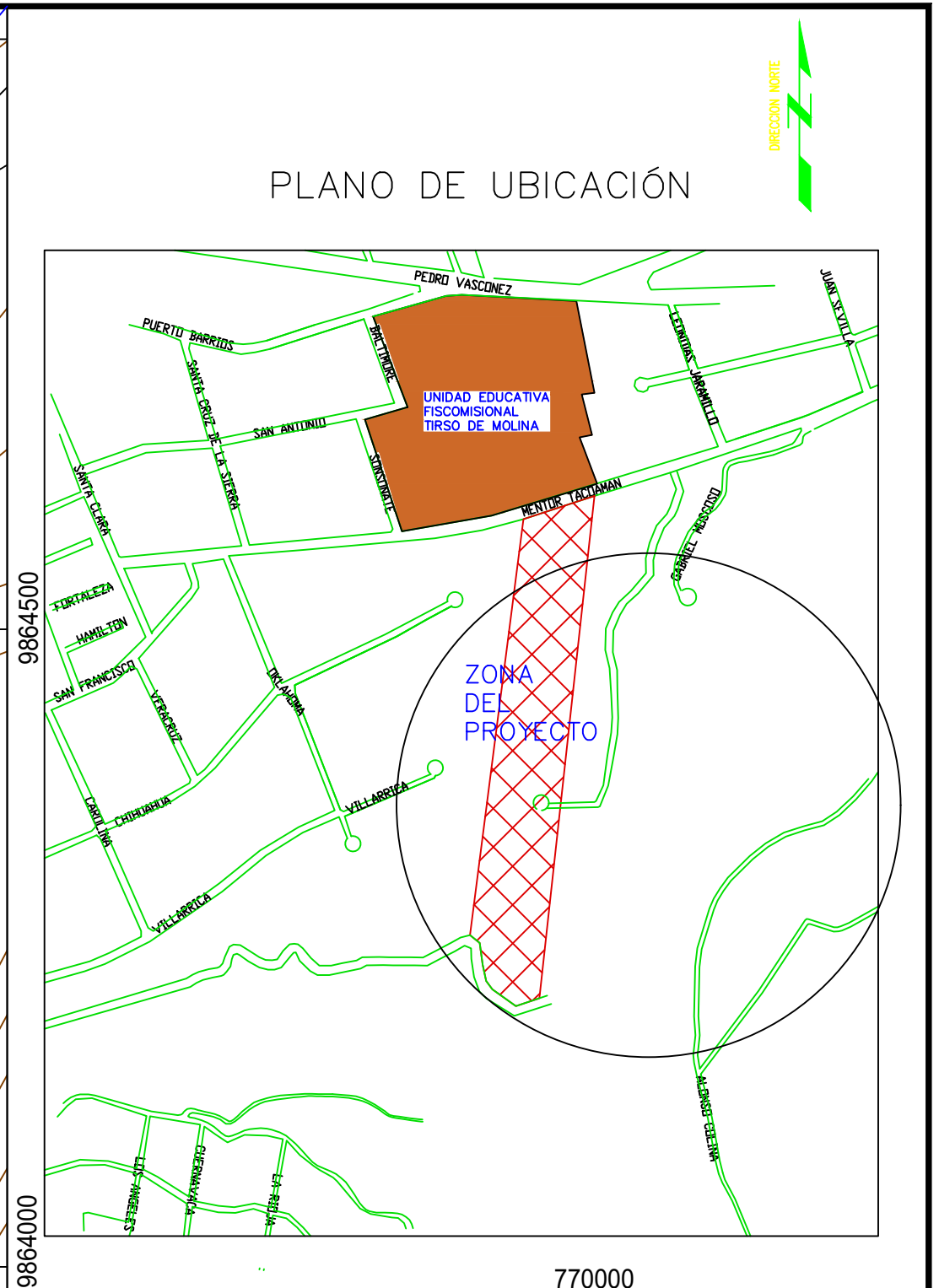
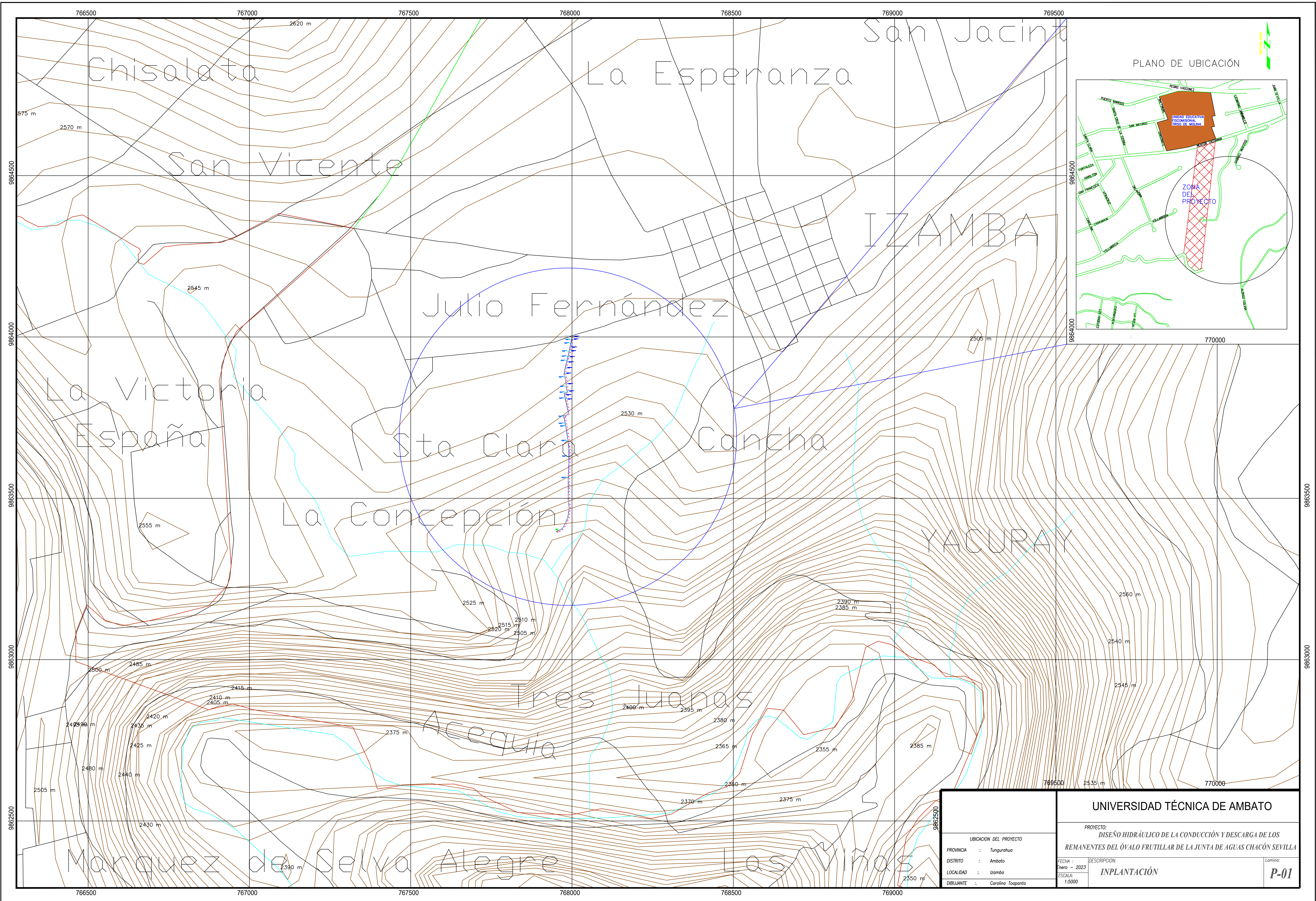
DETALLE :

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta Menor	1.00	0.17	0.17000	0.10667	0.01813
SUBTOTAL M					0.01813
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Maestro Mayor C1	1.00	4.55	4.55000	3.83000	17.42650
Albañil D2	1.00	4.10	4.10000	3.83000	15.70300
Peón E2	1.00	4.05	4.05000	3.83000	15.51150
SUBTOTAL N					48.64100
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=A*B	
CEMENTO (INCLUYE TRANSPORTE) COMPUERTA MÉTALICA SEGÚN DISEÑO 0.60X0.30, INC. ÁNGULO	KG	18.50	0.15	2.77500	
	UNIDAD	1.00	75.00	75.00000	
SUBTOTAL O					77.77500
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					126.43413
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 22.0%					27.81551
OTROS INDIRECTOS: %					0.00000
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					154.24964
VALOR OFERTADO:					154.24964

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

AMBATO, 17 DE ENERO DE 2023

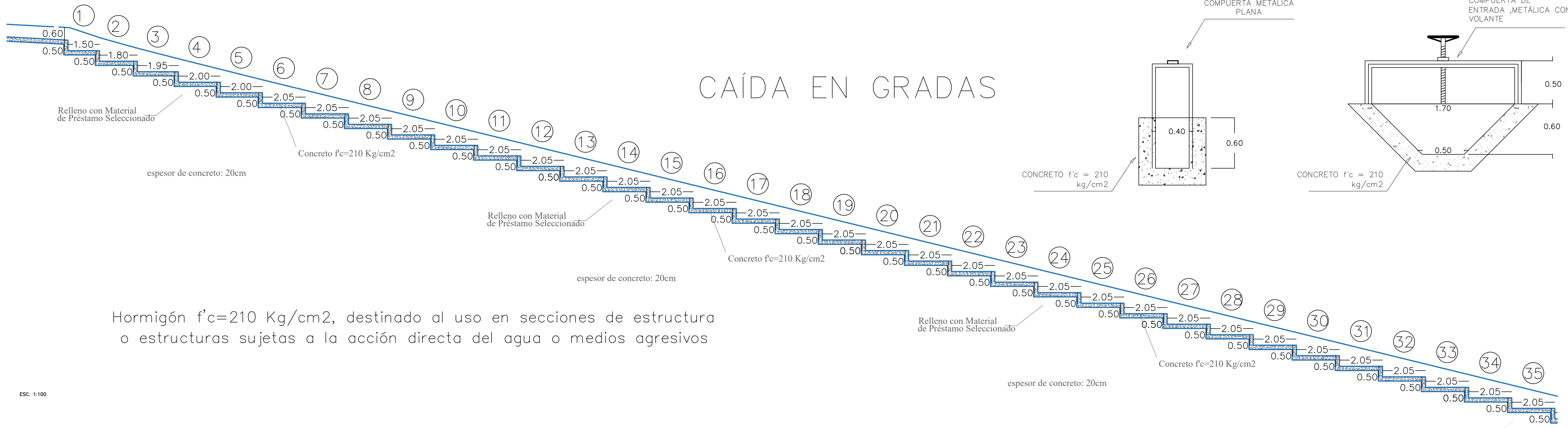
Anexo fotográfico		
1. Topografía del sector de descarga	2. Canal natural	3. Sembríos
		
El sector es de pendiente pronunciada, con presencia de maleza, por inspección visual el suelo es arenoso	Por la pendiente de la zona de estudio, el caudal recorre progresivamente, sin embargo es visible la ineficiente sección	Los sembríos son abundantes, teniendo hortalizas, frutas y granos como principales cultivos de la zona
4. Entrada del ramal	5. Daños provocados	6. Situación actual
		
Una compuerta sobre puesta separa la entrada del caudal a este ramal, al ser más pequeño que el canal principal no se encauza toda el agua	Varios desbordes se han producido socavando las zonas más débiles haciendo daño en parcelas de terreno	La situación actual del sector, está invadida de maleza que sumada a la falta de mantenimiento se hace complicado el regadío para la zona



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO	
PROYECTO: DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CONDUCCIÓN Y DESCARGA DE LOS REMANTES DEL ÓVALO FRUTILLAR DE LA JUNTA DE AGUAS CHACÓN SEVILLA	
UBICACIÓN DEL PROYECTO PROVINCIA : Tungurahua DISTRITO : Ambato LOCALIDAD : Izamba DIBUJANTE : Carolina Toapanta	DESCRIPCIÓN: INPLANTACIÓN FECHA : Enero - 2023 ESCALA : 1:5000 Lamina: P-01

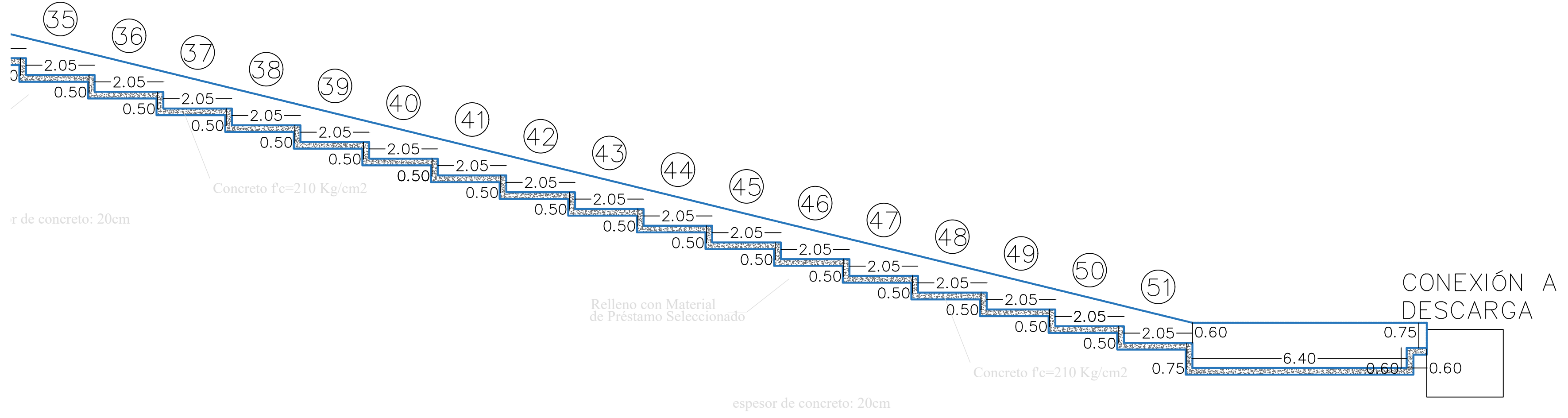
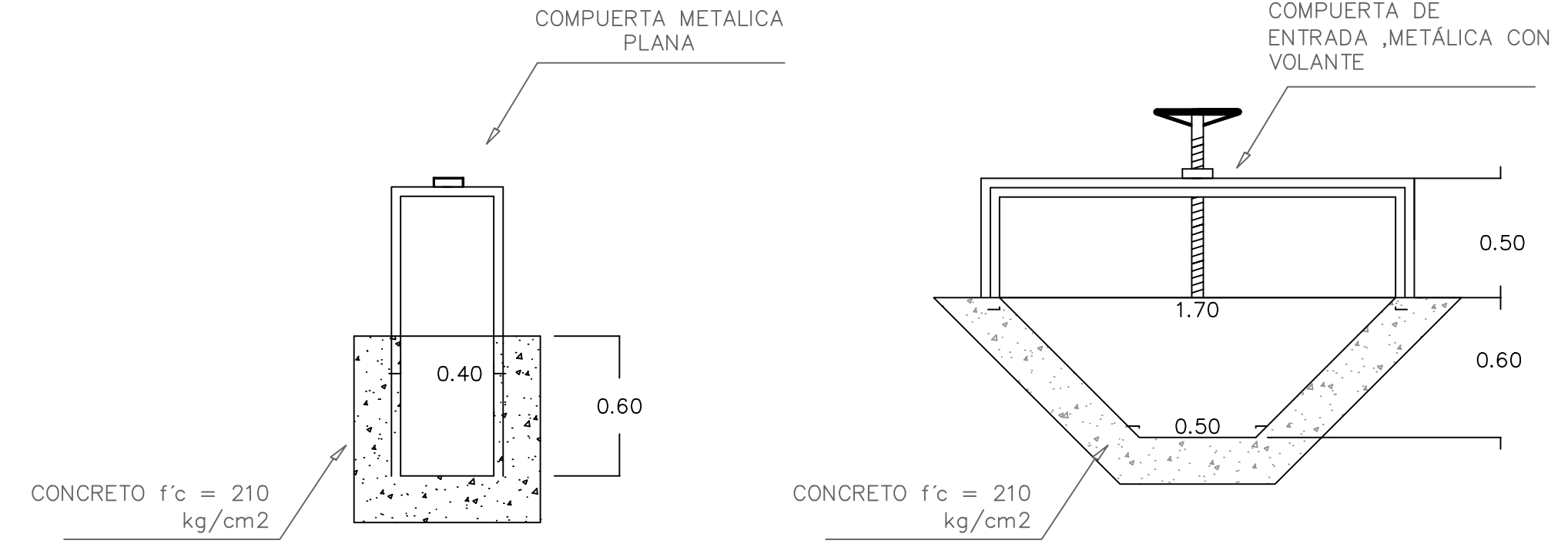
DETALLES CONSTRUCTIVOS

ESC. 1:100



Hormigón $f'c=210$ Kg/cm², destinado al uso en secciones de estructura o estructuras sujetas a la acción directa del agua o medios agresivos

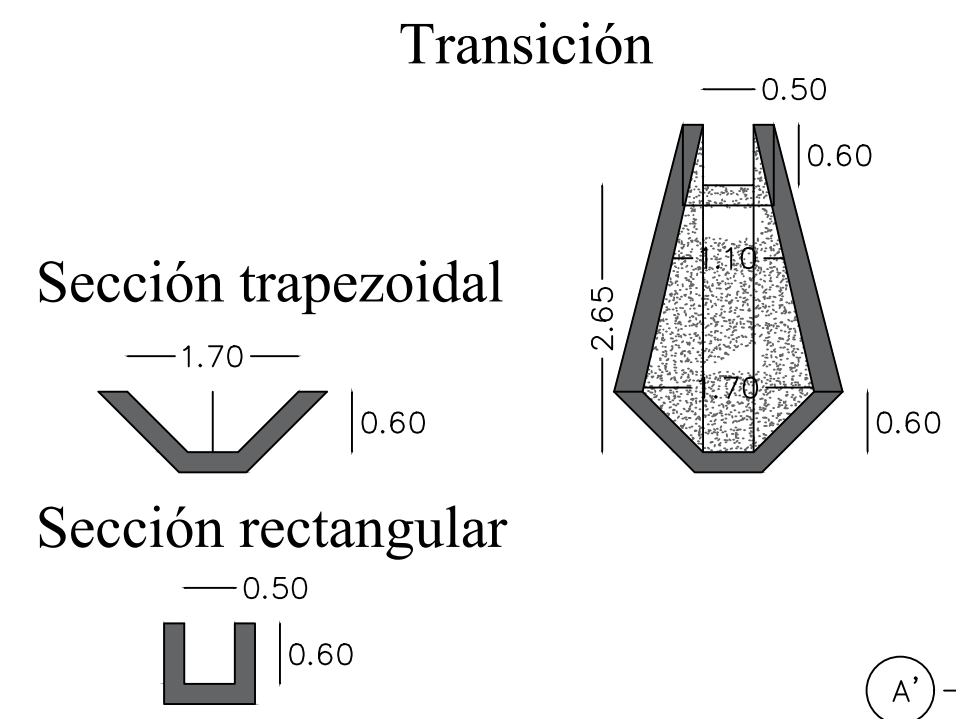
COMPUERTAS (1:50)



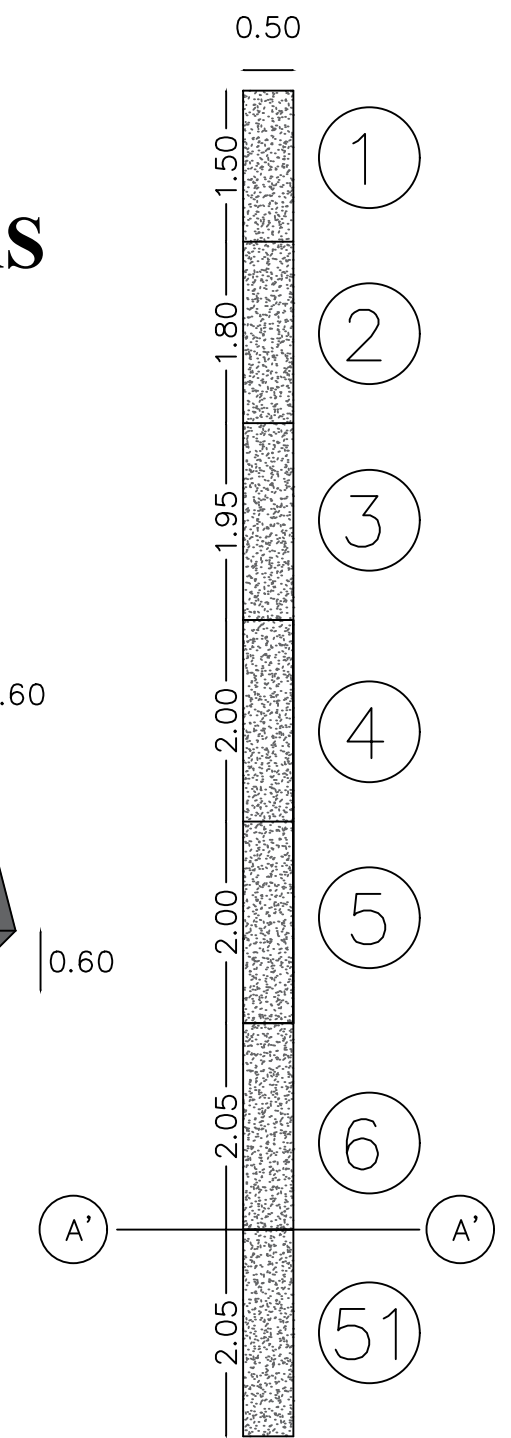
POZA DE DISIPACIÓN

SECCIONES TÍPICAS (1:75)

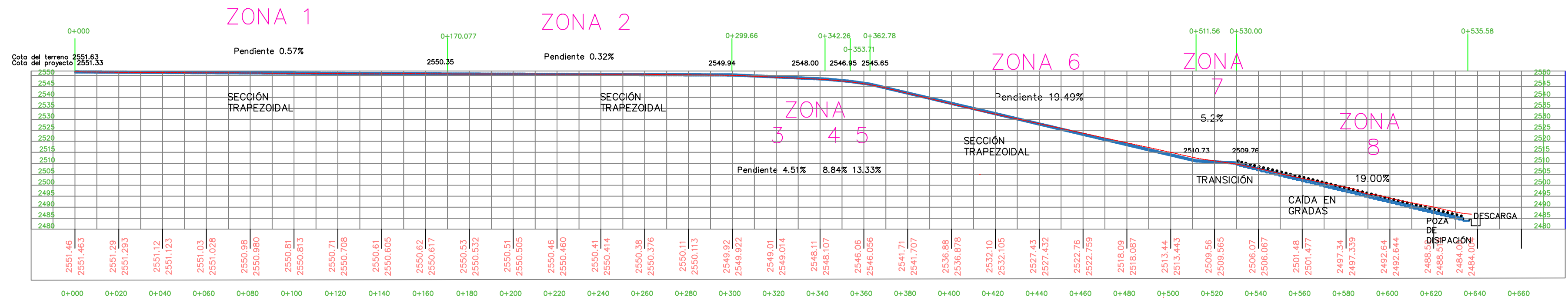
espesor de concreto: 20cm
 Concreto $f'c=210$ Kg/cm²



Sección - gradas



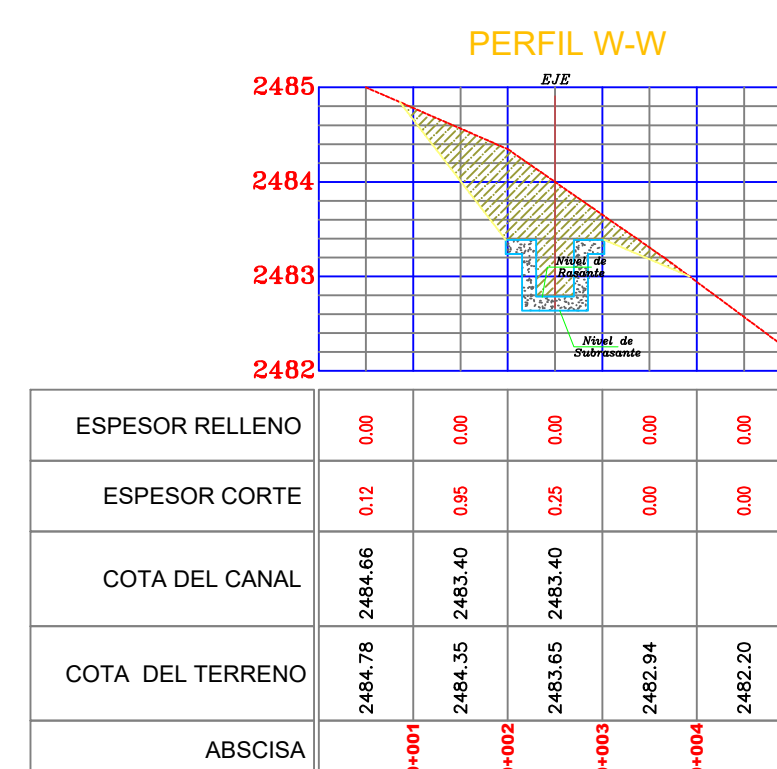
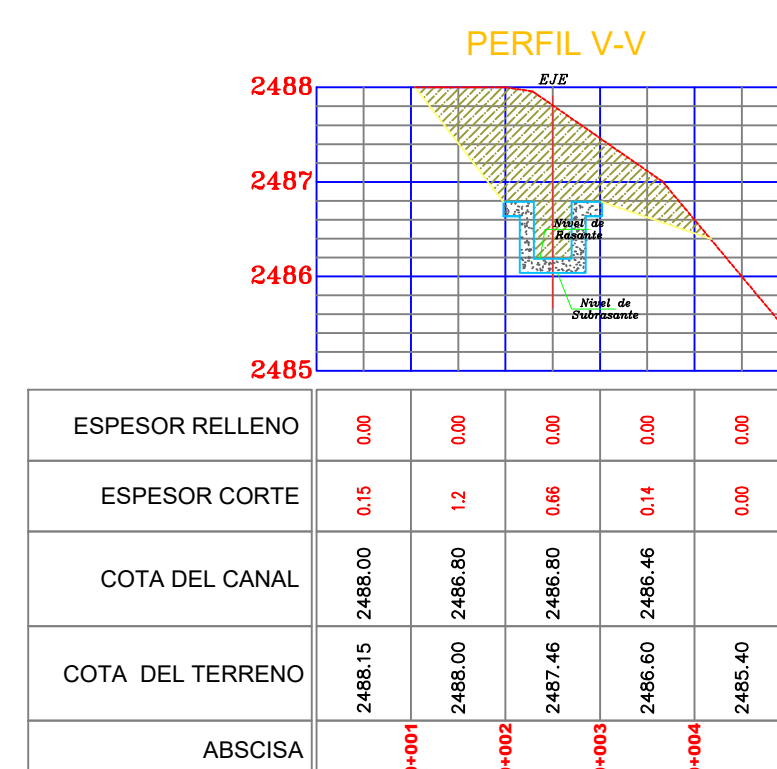
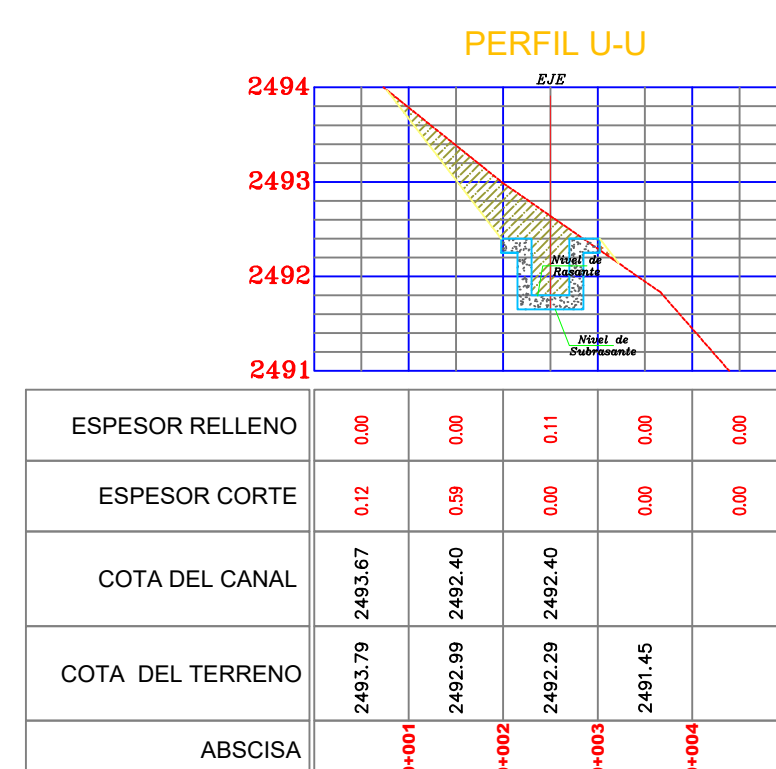
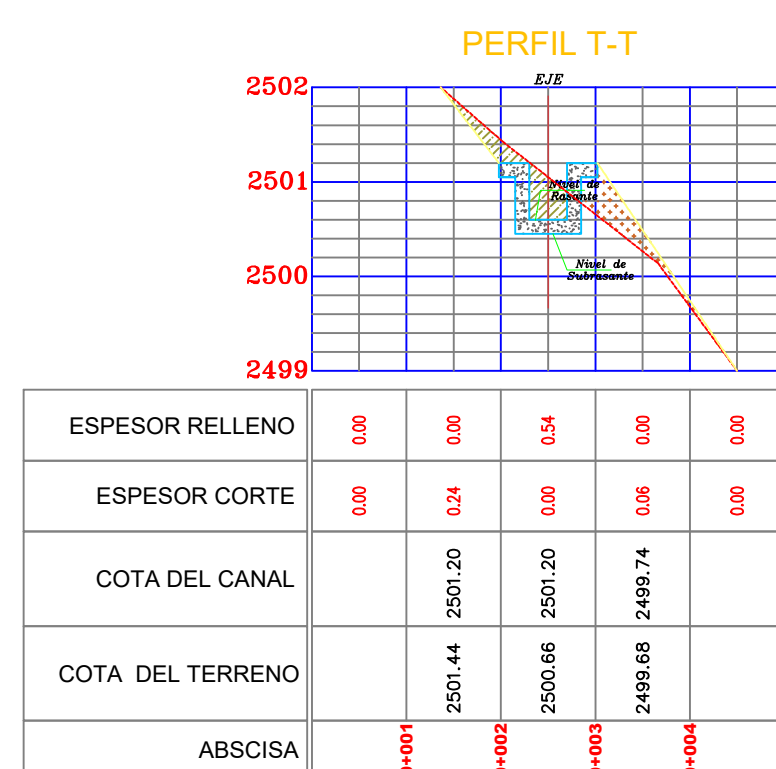
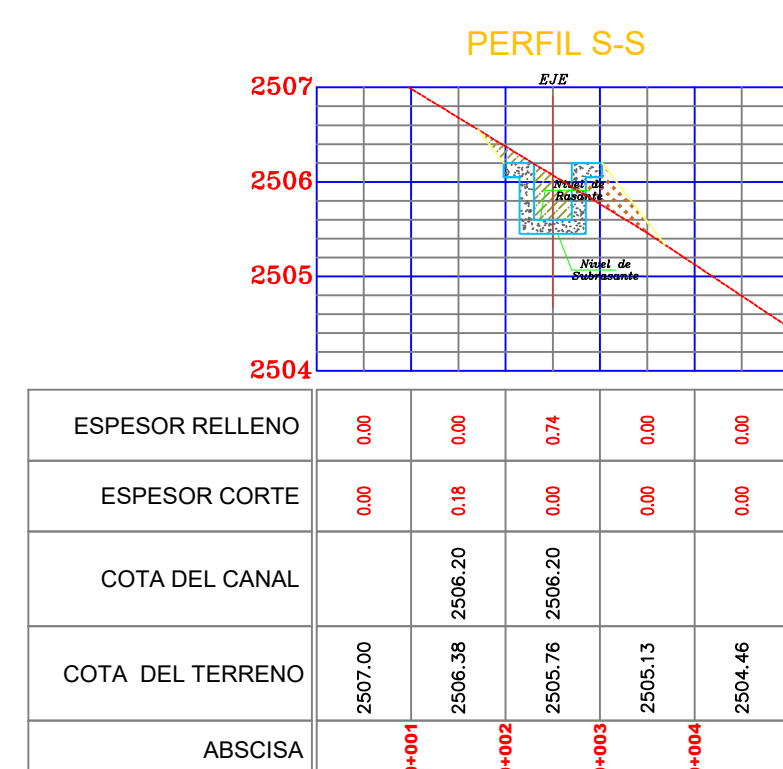
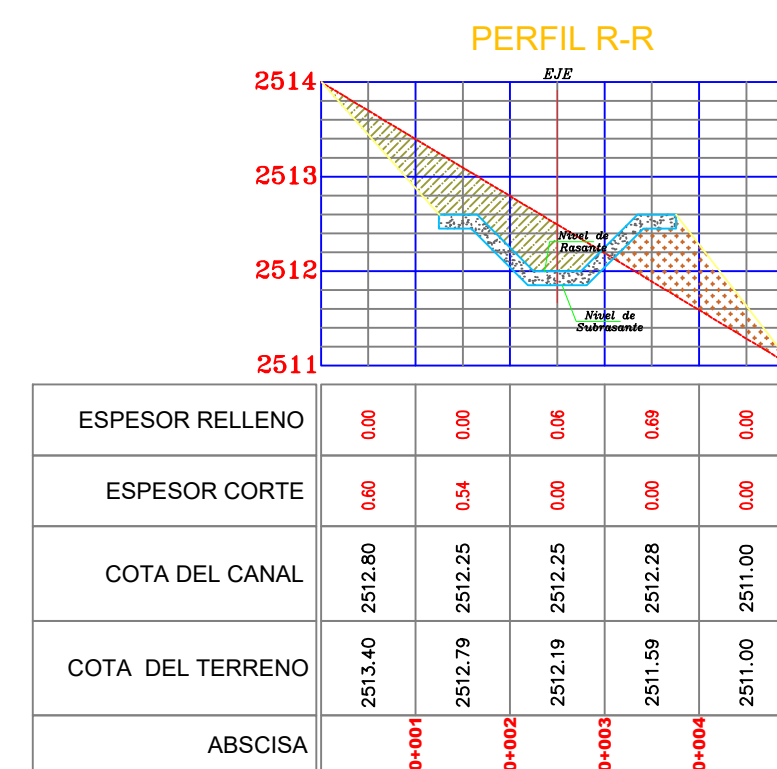
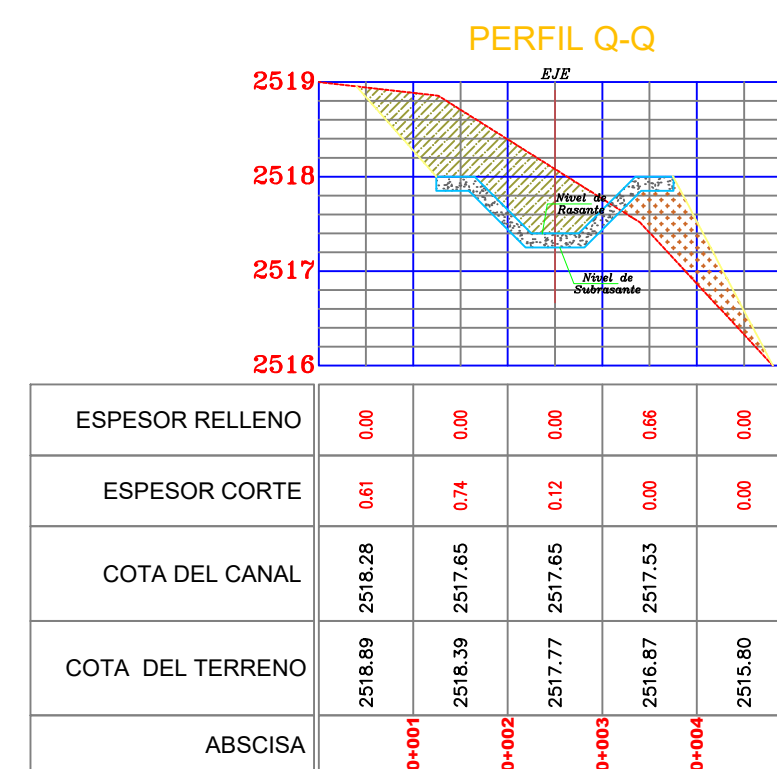
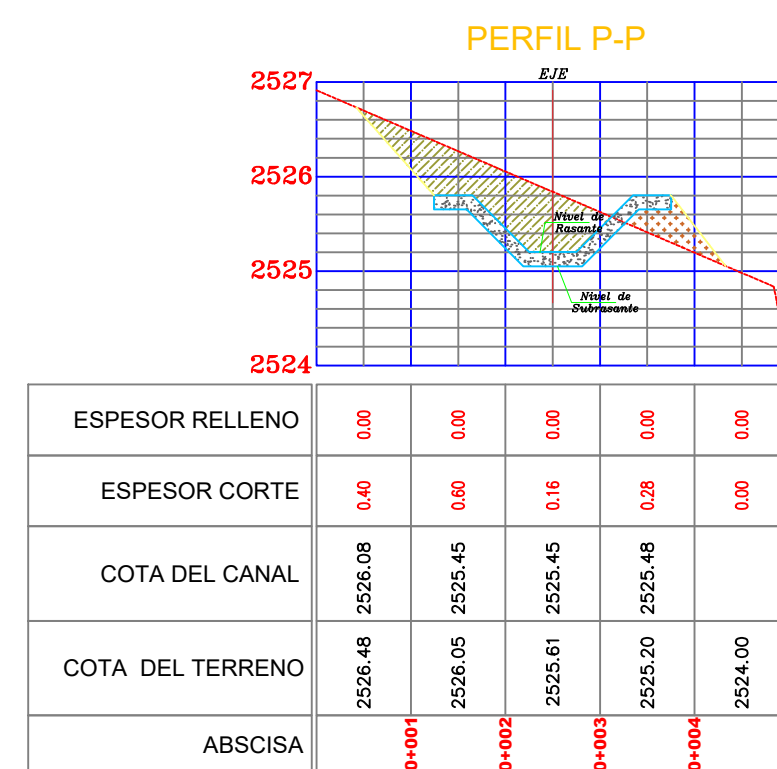
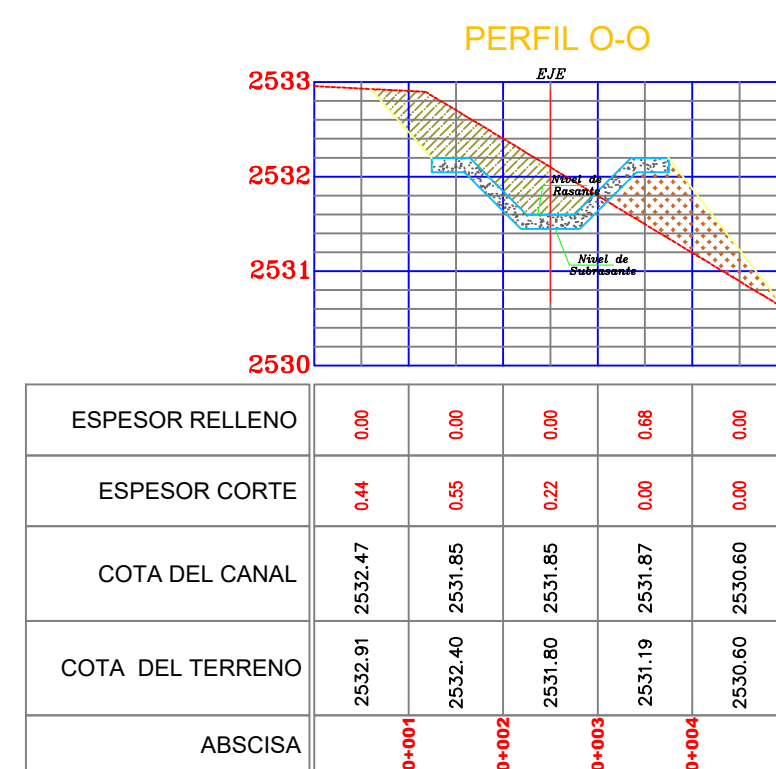
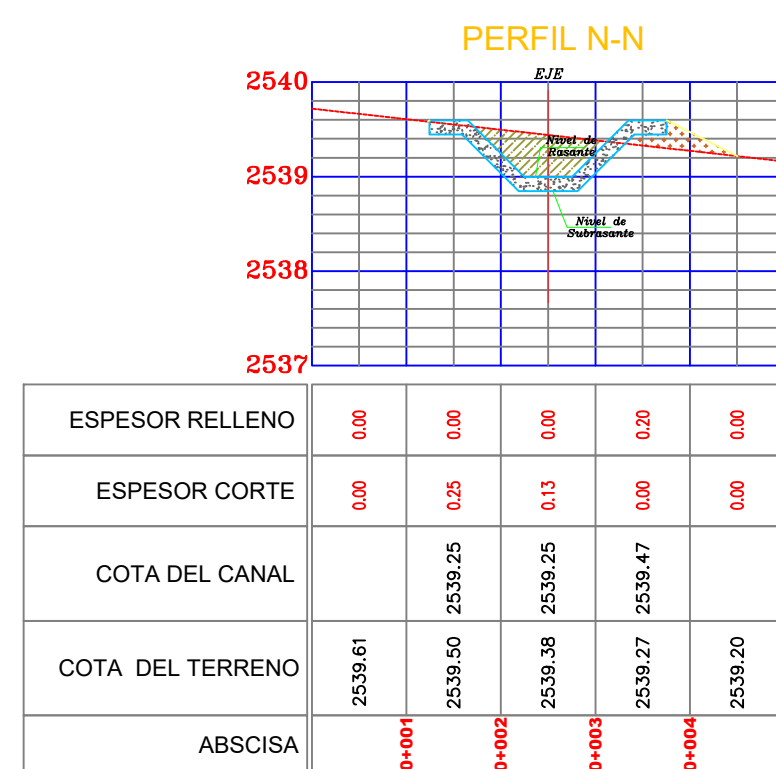
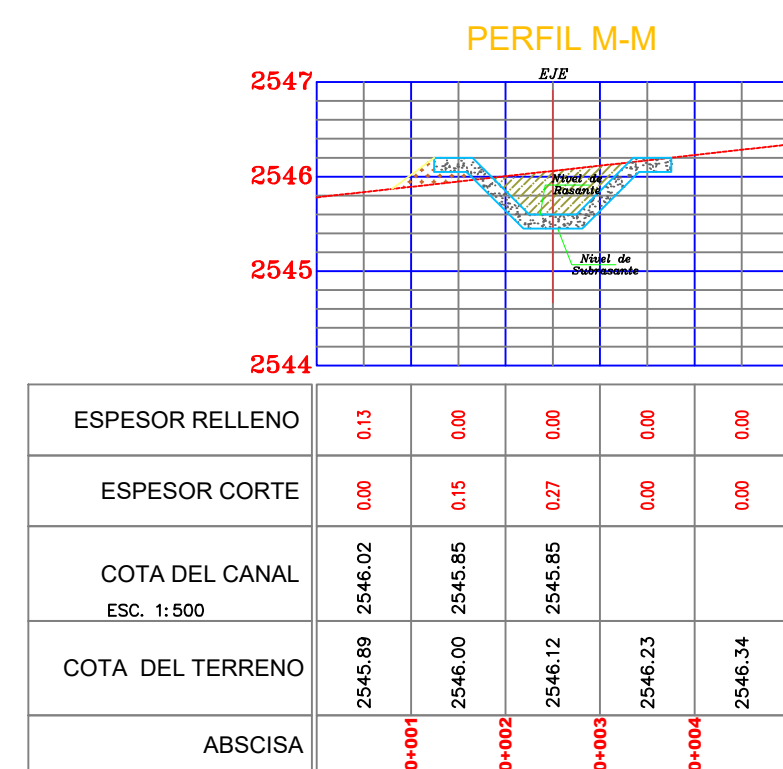
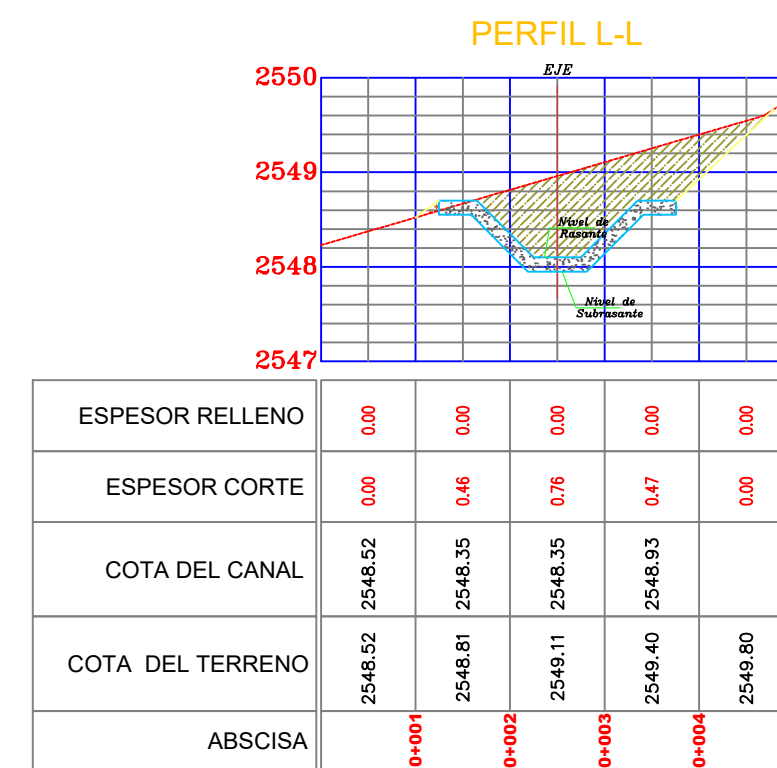
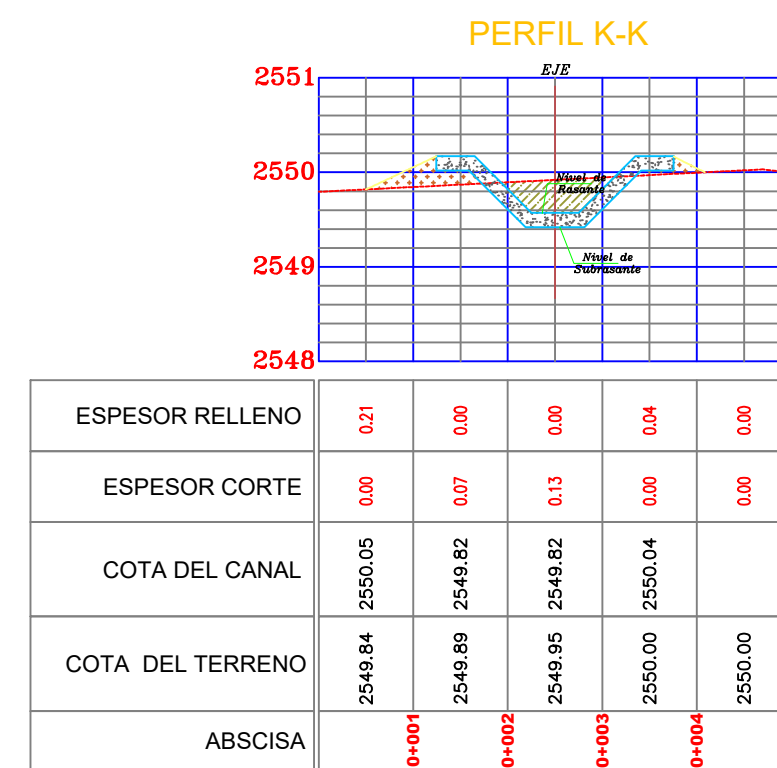
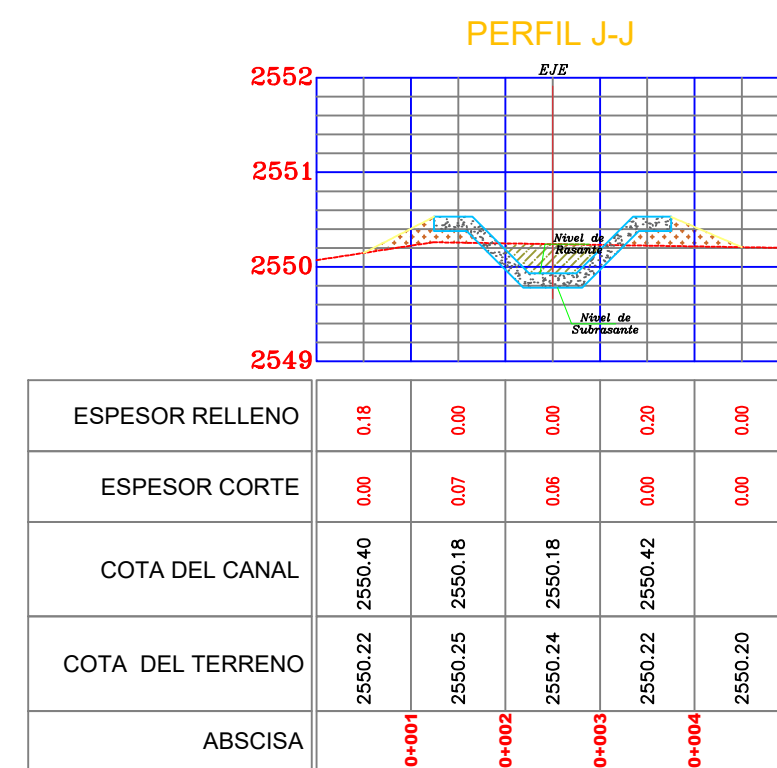
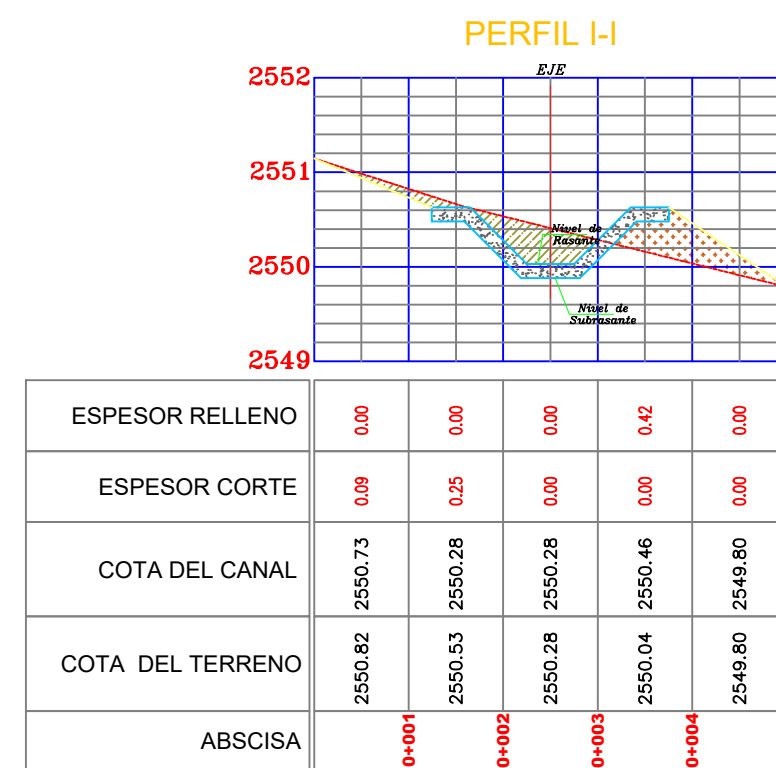
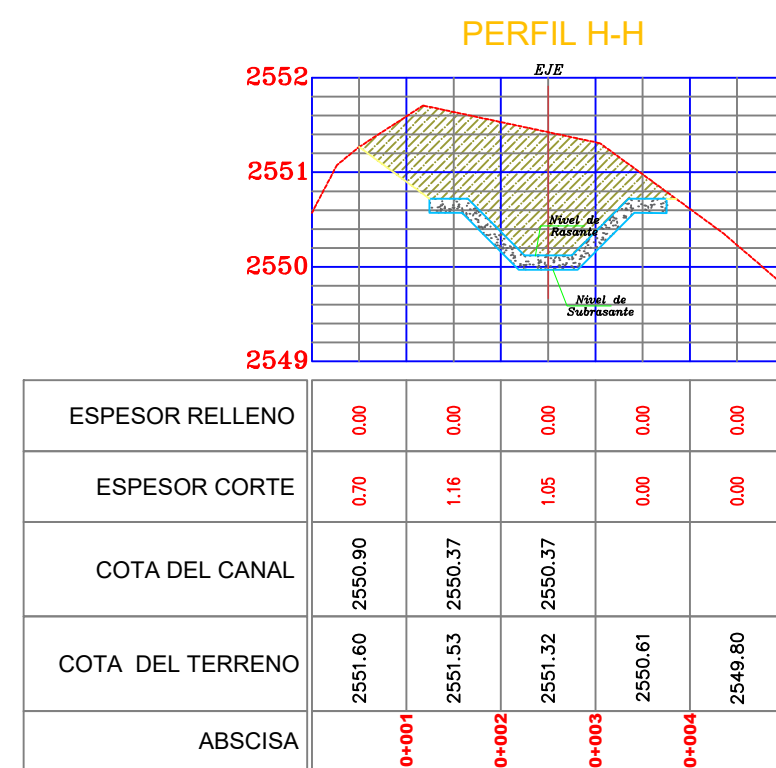
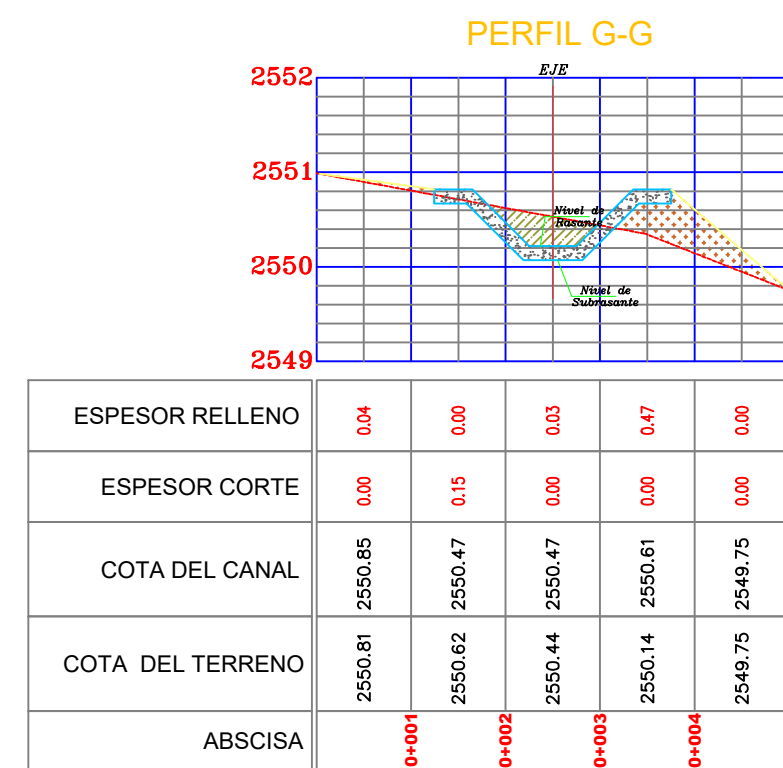
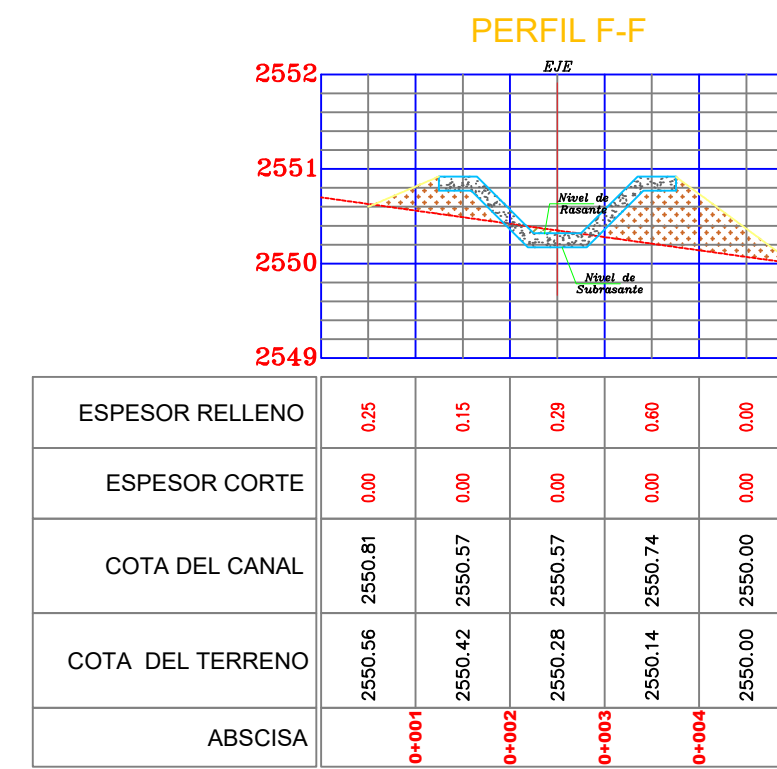
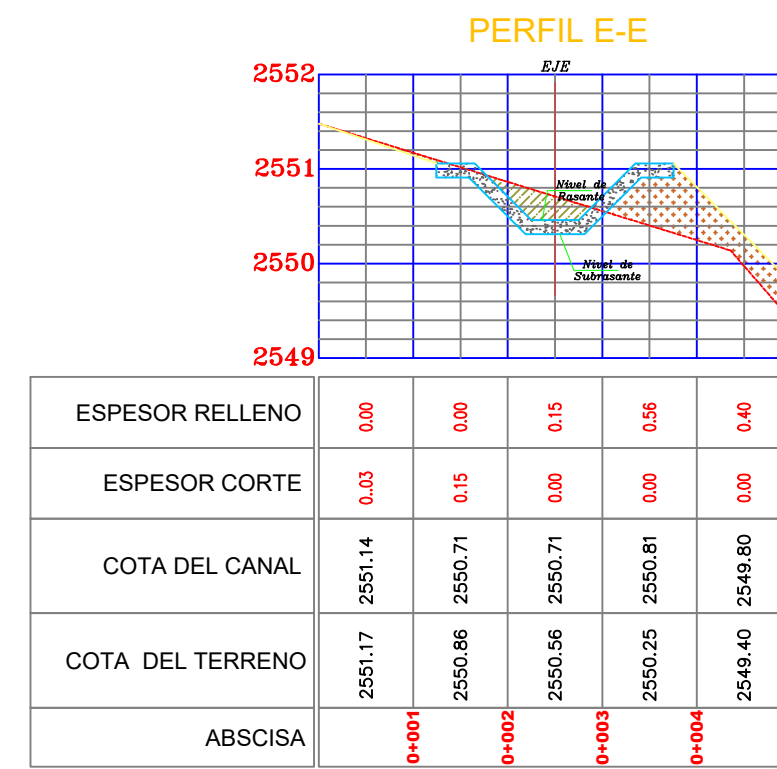
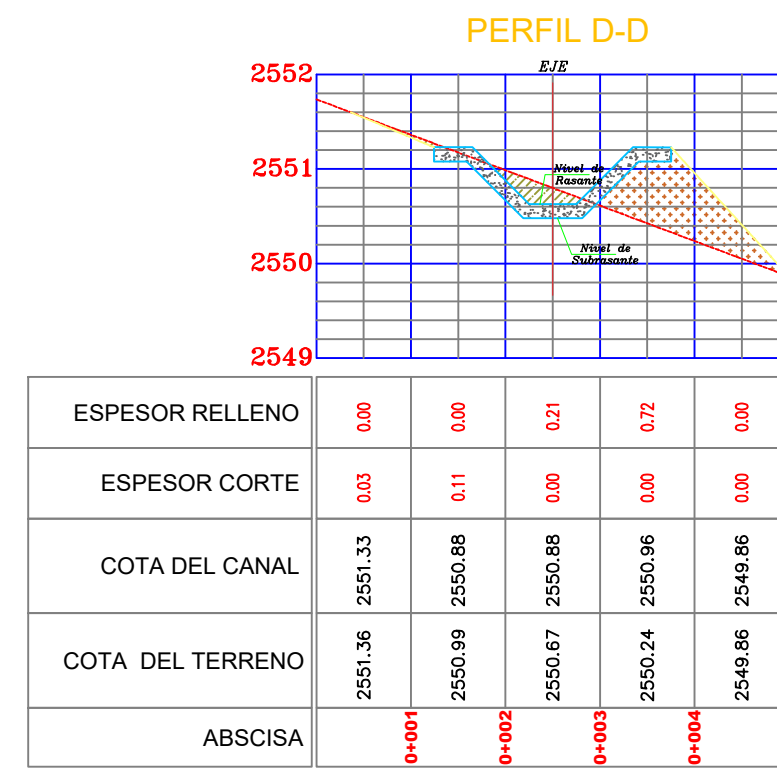
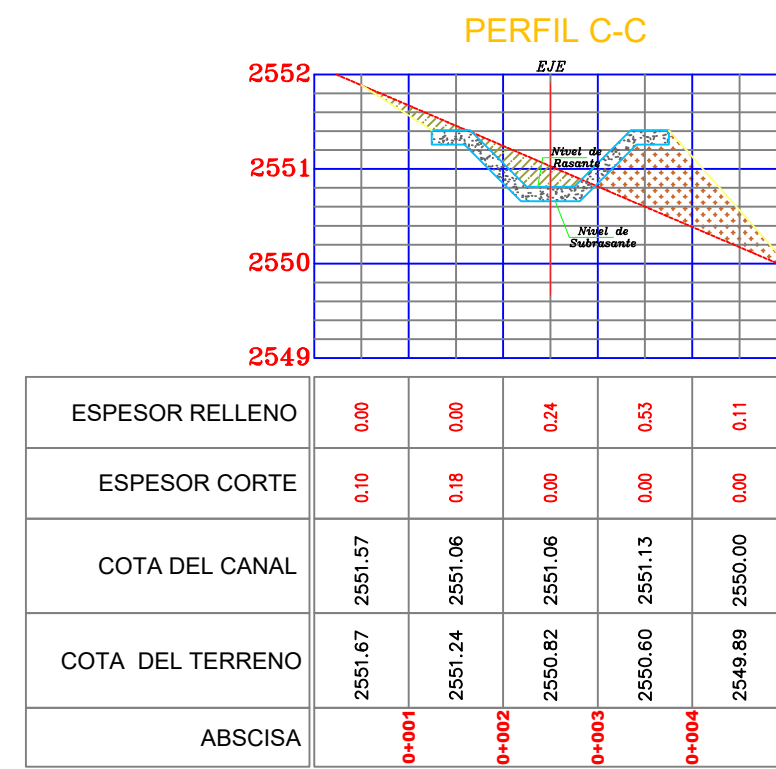
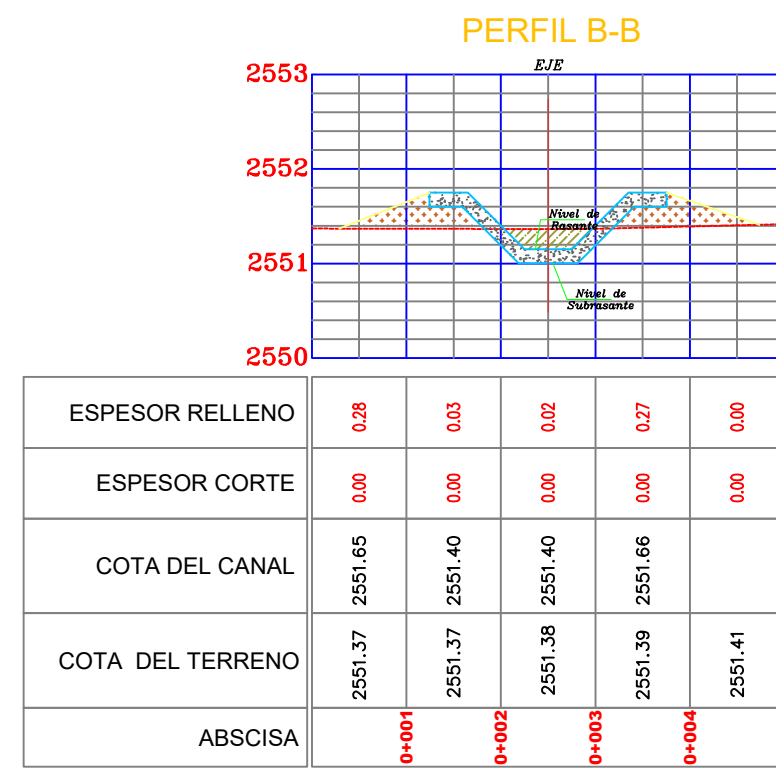
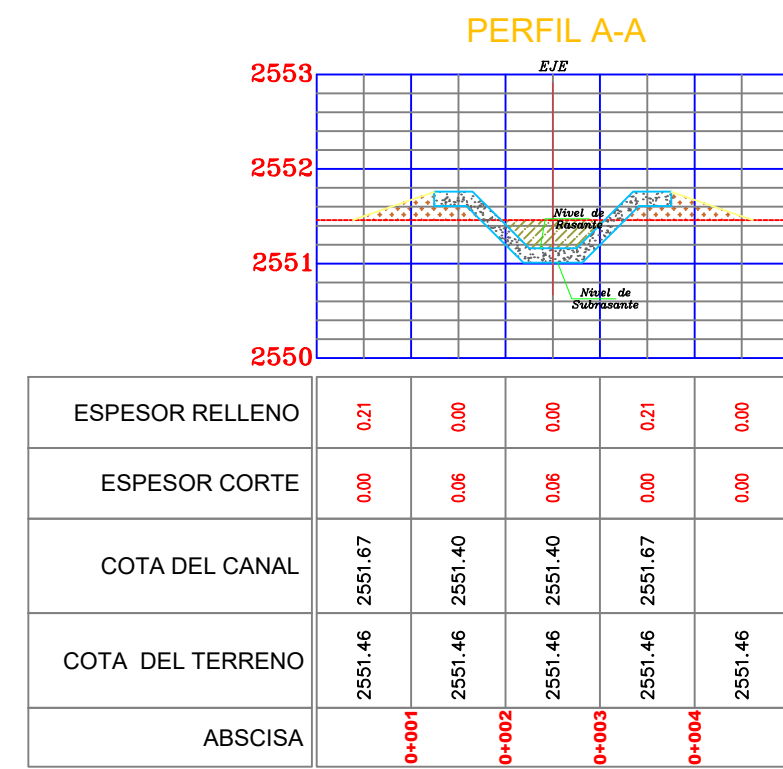
PERFIL LONGITUDINAL ESC. 1:1000



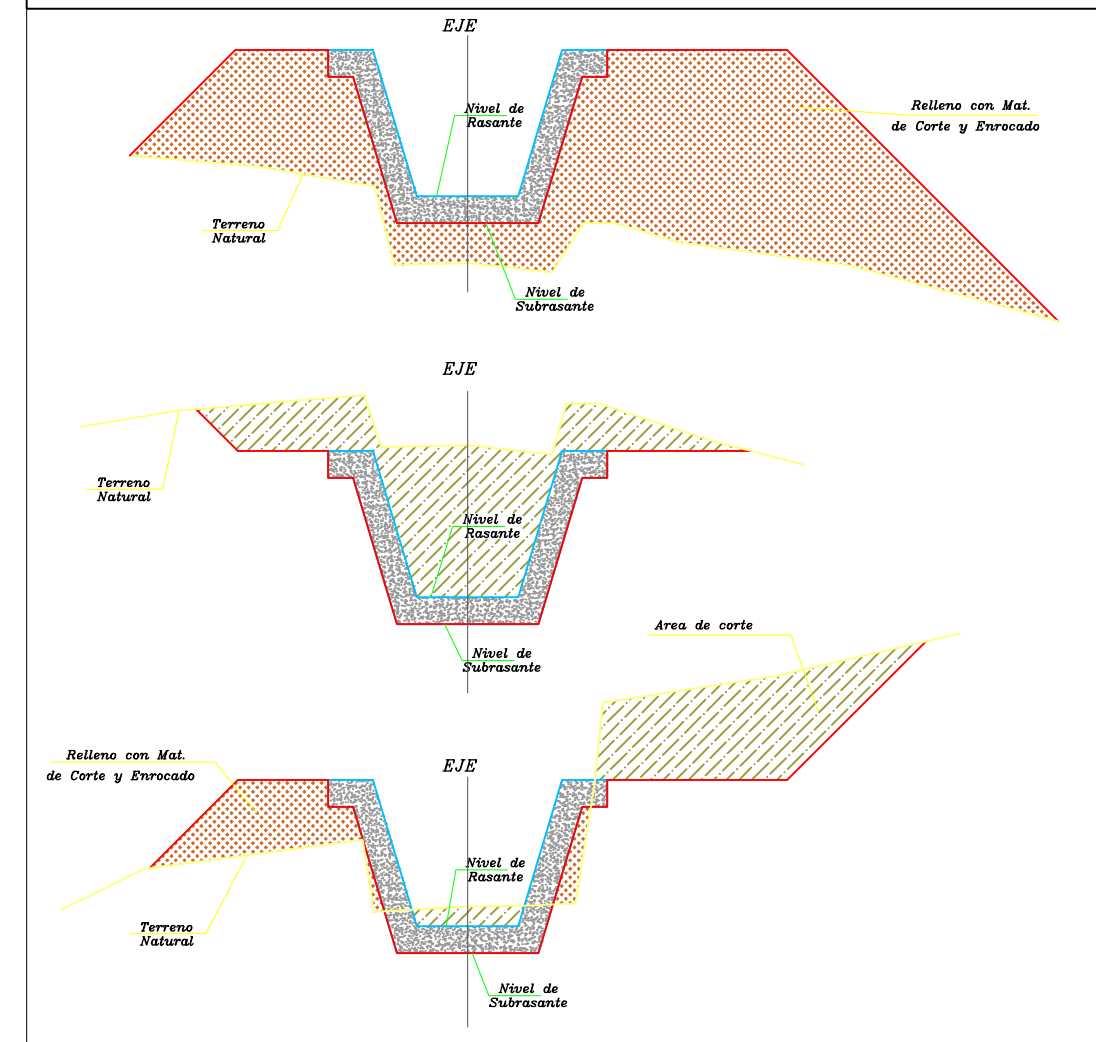
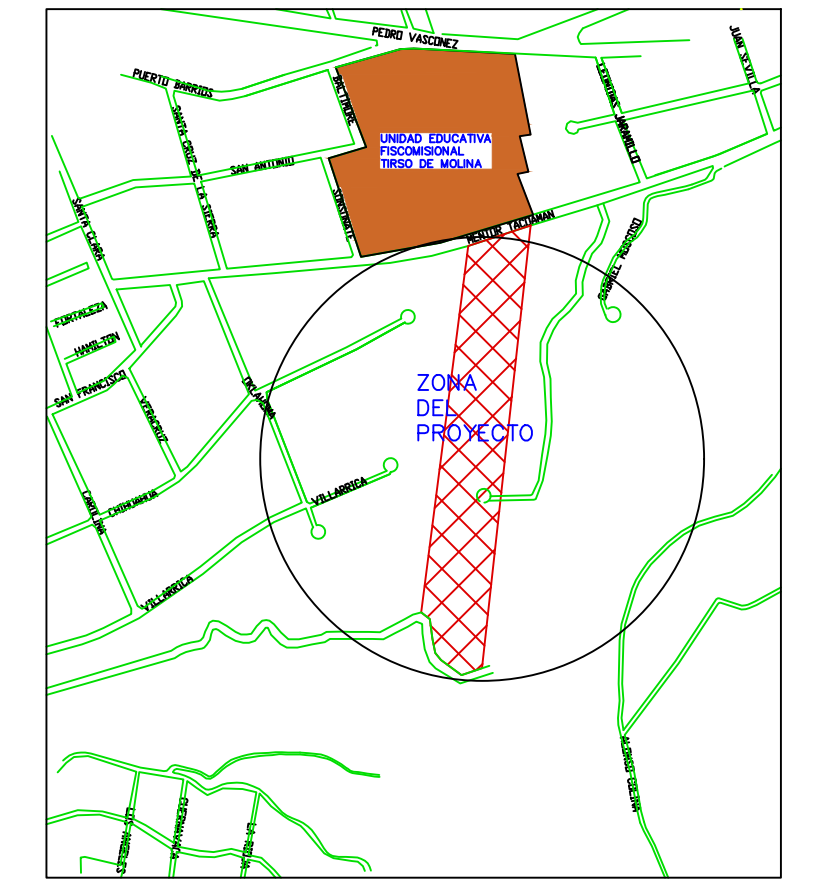
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO	
PROYECTO: DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CONDUCCIÓN Y DESCARGA DE LOS REMANENTES DEL ÓVALO FRUTILLAR DE LA JUNTA DE AGUAS CHACÓN SEVILLA	
UBICACIÓN DEL PROYECTO PROVINCIA : Tungurahua DISTRITO : Ambato LOCALIDAD : Izamba DIBUJANTE : Carolina Toapanta	FECHA : Enero - 2023 ESCALA : INDICADA DESCRIPCIÓN: DETALLE CONSTRUCTIVO Lamina: P-03

PERFIL DE CORTE DEL CANAL

ESC. 1:80



PLANO DE UBICACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO	
PROYECTO: DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CONDUCCIÓN Y DESCARGA DE LOS REMANENTES DEL ÓVALO FRUITILLAR DE LA JUNTA DE AGUAS CHACÓN SEVILLA	
FECHA : Enero - 2023	DESCRIPCIÓN: PERFIL TRANSVERSAL DEL KM 0+000 AL 0+640.00
ESCALA: INDICADA	Lamina: P-04
UBICACIÓN DEL PROYECTO PROVINCIA : Tungurahua DISTRITO : Ambato LOCALIDAD : Izamba DIBUJANTE : Carolina Toapanta	